

Práticas de agricultura circular: um estudo no sistema de produção que integra lavoura e pecuária

ADELICE MINETTO SZNITOWSKI

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - UFMS/CPNA

ADRIANE ANGÉLICA FARIAS SANTOS LOPES DE QUEIROZ

SIMONE SEHNEM

Introdução

A produção de alimentos segue o modelo linear de operações, porém diante do uso intensivo dos recursos produtivos, a transição para modelos circulares é uma alternativa para proteger os recursos e controlar a poluição ambiental. Iniciativas para migrar de sistemas lineares na produção de grãos para sistemas circulares e sustentáveis, são alternativa diante do duplo desafio: esgotamento de recursos e degradação ambiental frente a demanda global por alimentos. O modelo produtivo agrícola que segue as práticas de Economia Circular (EC) pode ser definido como Agricultura Circular (AC).

Problema de Pesquisa e Objetivo

A tipologia ReSOLVE analisa um sistema de produção quanto a adoção de práticas circulares (EMF, 2025; VARELLA, 2022). Na agricultura sistemas de produção mista seguem princípios da EC por contribuir na reciclagem de resíduos. Diante disso, o objetivo foi identificar as práticas da AC usando a tipologia ReSOLVE no sistema de produção que integra lavoura e pecuária. Assumindo como suposições: a) existem práticas adotadas de EC consideradas pela tipologia ReSOLVE da EMF (2015); b) a Agricultura 4.0 contribui para as práticas de EC; e c) o sistema de produção integrado favorece as práticas de AC.

Fundamentação Teórica

A EC tem suas práticas poucas discutida na agricultura. No entanto, o desenvolvimento o agrícola precisa ser repensando por ser a principal fonte de alimentos e também de resíduos e gases de efeito estufa. Surgem então possibilidades de melhorar os processos existentes e projetar novos. Uma perspectiva é a adoção de práticas agrícolas circulares (ATINKUT,2020), as quais convergem com a EC por melhorar a eficiência na utilização dos recursos, com especial atenção aos resíduos para alcançar melhor equilíbrio entre a economia, o ambiente e a sociedade (YUE et al, 2022).

Metodologia

O estudo aborda práticas de agricultura circular por meio da tipologia ReSOLVE e as dimensões: Regenerar, Compartilhar, Otimizar, Ciclar, Virtualizar e Trocar, considerando o proposto pelo EMF (2015) e incrementadas com novas variáveis por Varella (2022) quanto a contribuição da Agricultura 4. O contexto da pesquisa compreendeu uma propriedade rural produtora de grãos e pecuária de forma integrada (ou mista). O estudo baseado em dados qualitativos obtidos via entrevistas semi estruturadas com os gestores das unidades de produção agrícola, pecuária e armazém, além de dados documentais.

Análise dos Resultados

Diante dos pressupostos teóricos adotados baseados na tipologia ReSOLVE (EMF, 2015; VARELLA, 2022), constatou-se a maioria das práticas de EC, porém há espaço para avanços. Destaca-se a ausência na dimensão “Compartilhar” do compartilhamento de equipamentos entre as fazendas e da dimensão “Otimizar” a adoção do ciclo fechado da água nos processos produtivos. Quanto a dimensão “Virtualizar”, as práticas de EC comercializar a produção pelo e-commerce e produtos como serviços, não foram constatadas no contexto analisado. Foram confirmadas as suposições apresentadas.

Conclusão

As práticas de EC mapeadas estão associadas ao framework ReSOLVE e favorecidas pela Agricultura 4.0 quanto a circularidade dos recursos, a transformação produtiva, a melhora dos processos e otimização do uso de recursos. Sobretudo, evidencia que a agricultura inteligente acelera a transição para EC, favorece a produção de alimentos de forma sustentável e transforma o setor, por vezes tido como “vilão da sociedade” em um ator comprometido em preservar os recursos naturais e sua regeneração. Sinaliza ainda, a necessidade de criar um mindset para tornar os gestores aptos a internalizarem a EC.

Referências Bibliográficas

ATINKUT, H. B. et al. Cognition of agriculture waste and payments for a circular agriculture model in Central China. Scientific reports, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2020. EMF. Delivering the Circular Economy: A toolkit for policymakers. 2015. VARELLA, W. A.. Arquitetura de serviços integrada para promover a economia circular na Agricultura 4.0. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, p. 144. 2022. YUE, Q. et al. Towards sustainable circular agriculture. Agricultural Systems, v. 196, p. 103347, 2022.

Palavras Chave

Economia Circular, Agricultura Regenerativa, Sustentabilidade na agricultura.

Práticas de agricultura circular: um estudo no sistema de produção que integra lavoura e pecuária

1 INTRODUÇÃO

A Economia Circular (EC) busca aumentar a eficiência de uso de recursos e com isso, reduzir o uso de recursos naturais e impactos ambientais derivados das atividades econômicas (BIBAS; CHATEAU; LANZI, 2021). Embora o conceito de EC tenha surgido, e venha sendo amplamente discutido, no âmbito da produção industrial, observa-se que é preciso ampliar a discussão para o setor agroalimentar, haja vista o direcionamento deste setor para abordagens mais sustentáveis, como a segurança alimentar, a rastreabilidade da produção, a qualidade dos produtos e o respeito ao meio-ambiente. Os sistemas agroalimentares atuais em sua maioria operam com modelos de produção lineares, distanciando-se dos circulares (EMF, 2013). Além disso, Aznar-Sánchez et al (2020) argumentam que os sistemas intensivos de produção de alimentos já comprovaram sua eficiência em serem capazes de garantir o abastecimento nas próximas décadas, mas não estão isentos de limitações.

Iniciativas para migrar de sistemas lineares “insustentáveis” na produção de grãos – vistas nos EUA, China, Brasil, Argentina, Canadá, Rússia, Austrália e Europa - para sistemas circulares e sustentáveis, constituem alternativa para enfrentar o duplo desafio: esgotamento de recursos e degradação ambiental frente a demanda global por alimentos (BASSO et al., 2021). Embora a produção de grãos deva ser um alvo para estratégias de economia circular, há barreiras para a implementação de práticas circulares (AZNAR-SÁNCHEZ et al., 2020).

Velasco-Muñoz et al (2021) entendem que a EC constitui uma estratégia para apoiar a agricultura sustentável. No entanto, apontam ser necessário adaptar o referencial da EC para o campo da agricultura e propõem uma definição voltada à agricultura como sendo “o conjunto de atividades destinadas não apenas a garantir a sustentabilidade econômica, ambiental e social na agricultura por meio de práticas que visam o uso eficiente e eficaz dos recursos em todas as fases da cadeia de valor, mas também garantir a regeneração e a biodiversidade dos agro ecossistemas e dos ecossistemas circundantes” (2021, p.4).

Diante dos desafios enfrentados pela agricultura moderna em muitos países, a agricultura circular (AC) se apresenta como alternativa para o desenvolvimento agrícola sustentável (ZHU; JIA; LIN, 2019). A transição gradual de uma abordagem linear para uma circular é uma alternativa promissora para a sustentabilidade (YUE et al, 2022).

No entanto, há escassez de estudos relacionados à EC na agricultura e poucos são voltados ao desenvolvimento de um arcabouço teórico que possa ser aplicado na prática, o que afeta a transição das economias lineares para a EC no setor agrícola (VELASCO-MUÑOZ et al., 2021). Relatos da prática circular na agricultura têm sido raros e faltam exemplos concretos para esse ambiente (ZHU; JIA; LIN, 2019).

A EC em sua maioria discutida em contextos de indústrias, sendo raros os estudos sobre suas práticas na agricultura (MACARTHUR et al., 2015). No entanto, é preciso repensar o desenvolvimento, especialmente o agrícola, uma vez que o setor ao mesmo tempo em que é a principal fonte de alimentos, é também de resíduos e gases de efeito estufa. Surgem então possibilidades de melhorar os processos existentes e projetar novos. Uma perspectiva é a adoção de práticas agrícolas circulares (ATINKUT, 2020; YUE et al, 2022), as quais convergem com a EC por melhorar a eficiência na utilização dos recursos, com especial atenção aos resíduos para alcançar melhor equilíbrio entre a economia, o ambiente e a sociedade (YUE et al, 2022).

Há sistemas de produção agrícola capazes de otimizar o uso de recursos, um deles é a produção integrada (ou mista) que contribui para a redução no uso de insumos externos como fertilizantes e energia (TRENDOV, 2017). Além dos ganhos econômicos, esses sistemas de produção beneficiam o meio ambiente pela reutilização de recursos e reduzem suas externalidades ambientais negativas (HANG et al, 2021). Podem melhorar a qualidade do solo,

aumentar a produtividade, produzir maior variedade de alimentos, aumentar os polinizadores, ajudar a prevenir pragas e doenças e melhorar a eficiência do uso da terra. O modelo de agricultura mista segue os princípios da EC quanto à reciclagem de resíduos e contribui para os objetivos da agricultura circular (HILIMIRE, 2011; ZHU, JIA; LIN, 2019).

Considerando a escassez de estudos empíricos no contexto agrícola quanto às práticas circulares, a necessidade de repensar os modelos de produção agrícola diante da importância na produção de alimentos e também como geradora de impactos ambientais negativos, tem-se como motivação nesta pesquisa adotar a tipologia ReSOLVE para analisar um sistema de produção que mista (grãos e pecuária) quanto a adoção de práticas circulares. Sistema este que, de acordo com Hilimire, (2011) e Zhu, Jia; Lin, (2019) segue princípios da EC por contribuir na reciclagem de resíduos e com isso, contribui para a AC. Em face do exposto, tem-se como objetivo geral identificar as práticas da agricultura circular por meio da tipologia ReSOLVE no sistema de produção que integra lavoura e pecuária. A pesquisa diante do contexto apresentado, assume como suposições: a) existem práticas adotadas de EC consideradas pela tipologia ReSOLVE da EMF (2015); b) a Agricultura 4.0 contribui para as práticas de EC; e c) o sistema de produção mista (grãos e bovinos) favorece as práticas de AC.

A pertinência deste estudo se dá diante da perspectiva trazida pela EC frente a exigência pela produção de alimentos de forma sustentável, a qual será cada vez mais demandada no contexto brasileiro diante da sua representatividade como maior fornecedor mundial de alimentos. Destaca-se também o *locus* para realização do estudo: o estado de Mato Grosso é líder na produção brasileira de grãos (soja 28%; milho 36%) e carne bovina (32 milhões de cabeças) conforme dados do Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA, 2021), o que instigou a abordar a perspectiva da AC. Assim, pretende-se analisar um sistema de produção misto quanto à circularidade dos recursos produtivos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Agricultura Circular e a Sustentabilidade na Integração da Lavoura com a Pecuária

O desenvolvimento, especialmente o agrícola, precisa ser repensado tendo em vista as restrições de recursos, produção sustentável de alimentos e a preocupação ambiental (ATINKUT,2020; YUE et al, 2022). Diante de um cenário no qual o aumento da produtividade era buscado a qualquer custo, surgem alternativas para melhorar os processos agrícolas existentes e projetar novos (HILIMIRE, 2011). Uma perspectiva é a circularidade na produção agrícola, a qual implica em afastar o foco das culturas homogêneas e únicas para sistemas e rotações de culturas que misturam cultivos em uma mesma área (BOER; MARTIN, 2018).

Fan et al. (2018) citam que desde 1966, quando o economista americano Boulding apresentou a definição de EC, a ideia da ciclagem de recursos aos poucos foi sendo aceita por vários países. Diante disso, o governo e a sociedade da China aos poucos passam a ter consciência da necessidade da “economia circular” e da “agricultura circular”, sendo então introduzido o conceito de economia circular no início da década de 1990 e gradualmente aplicado à produção agrícola.

Na China, a Agricultura Circular (AC) é promovida como política. Em 2015 foi estabelecido pelo governo chinês o Plano Nacional de Desenvolvimento da Agricultura Sustentável 2015–2030 (LI et al., 2021) e em 2018, a China constituiu o Ministério da Ecologia e Meio Ambiente (MEE) para o desenvolvimento de atividades de baixo carbono alinhadas com a AC (ATINKUT,2020).

A AC é o renascimento da antiga prática agrícola e combina o plantio de lavouras e a pecuária para minimizar as perdas na cadeia produtiva de alimentos (ZHU, JIA; LIN, 2019). Seus objetivos coadunam com os da EC por tornar mais eficiente o uso dos recursos e com isso, contribui para a redução do impacto ambiental da agricultura moderna (LI et al., 2021). Gerir

de forma eficiente os recursos nos sistemas agrícolas circulares contribui para a sustentabilidade (YUE et al, 2022).

A perspectiva trazida pela economia circular constitui uma alternativa para apoiar a agricultura sustentável. Diante disso, Velasco-Muñoz et al (2021) defendem a necessidade de adaptar o referencial da EC para a agricultura. No quadro 1 são elencadas definições a partir de buscas realizadas nas Bases *Web of Sciece* e *Scopus* tendo como critério ter no título o termo “agricultura circular”, a partir disso, foram extraídas as definições que os pesquisadores adotaram em suas abordagens.

Quadro 1 – Definições de Agricultura Circular (AC)

Autor	Definição
Trendov (2017)	- A AC é um conceito e um conjunto de práticas novas e como tal, aborda de forma aprimorada da economia agrícola envolvendo populações, recursos e meio ambiente; - A AC envolve ações de baixo consumo, alta reciclagem, eficiência e tecnologia. Difere da agricultura convencional e tradicional, representa a revolução no setor e pode, dentre outros, levar à economia de energia e reduzir o uso de recursos naturais.
Wageningen University Research (WUR, 2018)	- A AC é uma busca coletiva de agricultores, cidadãos interessados, empresas, cientistas e pesquisadores pela combinação ideal de princípios ecológicos com tecnologia moderna, com novas parcerias, novos modelos econômicos e serviços sociais confiáveis. Vai além dos rendimentos e no uso econômico de recursos e energia, enfatiza a importância de colocar a menor pressão possível sobre o meio ambiente, a natureza e o clima.
Fan et al (2018)	- Um sistema de AC envolve a indústria de plantio, a pecuária, a indústria de descarte de resíduos e outras subindústrias, bem como a extensão dos serviços de processamento de produtos agrícolas e outros subsistemas.
Atinkut (2020)	- A AC é uma nova abordagem para construir uma economia rural circular. Um modelo de cultivo com vantagens ecológicas e econômicas; - A AC é uma agricultura alternativa para economia de baixo carbono e sustentabilidade.
Li et al (2021)	- A AC é um novo tipo de agricultura e concentra-se na circularidade de materiais e energia combinada com recursos naturais. Permite alcançar objetivos ecológicos, econômicos e sociais juntos; - A AC é um sistema agrícola sustentável que pode melhorar as condições ambientais nas áreas rurais.
El Janati et al (2021)	- A AC é uma abordagem eficaz para o manejo de insumos orgânicos do solo que melhora a fertilidade do solo e a sustentabilidade do sistema de cultivo.
Velasco-Muñoz et al (2021)	- A AC é o conjunto de atividades destinadas não apenas a garantir a sustentabilidade econômica, ambiental e social na agricultura por meio de práticas que visam o uso eficiente e eficaz dos recursos em todas as fases da cadeia de valor, mas também garantir a regeneração e a biodiversidade dos agro ecossistemas e dos ecossistemas circundantes (p.4).

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

A análise do quadro 1 revela que o conceito agricultura circular é recente, sendo a primeira definição, tendo em vista os critérios adotados nas buscas, apresentada por Trendov em 2017. Os demais datam de 2018, 2020 e 2021.

Quanto ao escopo conceitual, as definições de AC citadas no quadro 1 são abrangentes, podendo ser agrupadas em dois conjuntos: “objetivo e amplitude”. Quanto aos “objetivos”, entende-se que a AC busca ações de baixo consumo, alta reciclagem, eficiência e tecnologia, economia de energia, redução do uso de recursos naturais, a regeneração e a biodiversidade. Estimula, ao mesmo tempo, o crescimento da produção e a ecoeficiência. No quesito “amplitude” são considerados atores como: agricultores, empresas, cientistas, modernas tecnologias, aspectos ecológicos, o manejo de insumos orgânicos a indústria de plantio, a pecuária, aspectos ecológicos, a indústria de descarte de resíduos e outras subindústrias, processamento de produtos agrícolas e seus subsistemas. De forma sucinta como bem definiu Trendov (2017): abrange populações, recursos e meio ambiente.

De acordo com Li et al (2021), alguns fatores interferem de forma positiva na AC, sendo eles: (a) nível de desenvolvimento econômico: o modo de desenvolvimento da AC difere da agricultura tradicional, uma vez que a AC exige altas tecnologias, o que implica em maior volume de investimentos de capital no seu estágio inicial. Assim, quanto maior o nível de desenvolvimento econômico regional, mais favorável será a implementação da AC. Ao mesmo tempo, quanto maior o nível de desenvolvimento econômico, maior será o engajamento dos sujeitos para aderirem a projetos agrícolas circulares.

Outro fator com impacto positivo para a AC é o (b) nível de tecnologia: o desenvolvimento tecnológico, ou seja, a ciência e a tecnologia avançadas, são suporte para a agricultura circular. Somado aos fatores (a) e (b), tem-se o (c): apoio do governo: para desenvolver a AC se faz necessária a participação do governo fornecendo a infraestrutura para promover seu desenvolvimento e dar o suporte financeiro e técnico demandado (LI et al., 2021).

Zhu, Jia, Lin, (2019) citam a importância da assistência governamental na forma de incentivos financeiros, informações e apoio técnico para criar um ambiente favorável ao seu desenvolvimento. Demanda ainda, conforme Li et al (2021), a integração entre a produção, educação, pesquisa e estreita colaboração com universidades e instituições de pesquisas científicas para melhorar o nível de tecnologia agrícola e a eficiência na utilização de recursos agrícolas (LI et al., 2021). Para Zhu, Jia, Lin (2019), embora os governos dos mercados emergentes desempenhem papel relevante na implementação da AC, é preciso buscar um modelo que envolva também empreendedores liderando a transição de iniciativas públicas para negócios sustentáveis (ZHU; JIA; LIN, 2019).

A circularidade na produção agrícola implica em otimizar um sistema, encontrar melhores maneiras de integrar culturas e pecuária (BOER; MARTIN, 2018). Práticas antigas de plantio de lavouras com a pecuária, a denominada agricultura mista, os resíduos de um processo serviam de matéria prima para outro (HILIMIRE, 2011; ZHU, JIA; LIN, 2019).

A integração de lavoura e pecuária (produção mista) contribui para a melhorar a qualidade do solo, aumentar o rendimento, ajudar no manejo de pragas e melhorar a eficiência do uso da terra, dentre outros (HILIMIRE, 2011). Constitui alternativa à agricultura especializada por integrar o plantio de lavouras à produção pecuária (HILIMIRE, 2011; ZHU, JIA; LIN, 2019). O modelo tradicional de desenvolvimento linear da agricultura recurso - produto - resíduo, além de desperdiçar recursos, também é fonte de poluição (FAN et al., 2018).

Os sistemas agrícolas de produção mista contribuem para a reduzir o uso de insumos externos como fertilizantes e energia (TRENDOV, 2017). Além dos ganhos econômicos, o uso desses sistemas de produção beneficia o meio ambiente pela reutilização de recursos e das externalidades ambientais negativas relacionadas (HANG et al, 2021). Além de tornar mais eficiente o uso da terra, a agricultura mista segue os princípios da EC quanto à reciclagem de resíduos e contribui para os objetivos da AC (HILIMIRE, 2011; ZHU, JIA; LIN, 2019).

No que tange a sustentabilidade, o sistema integrado lavoura e pecuária é uma estratégia agrícola que favorece a agro biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e restaura a sustentabilidade ambiental (PARAMESH et al., 2020). Nesse processo produtivo integrado ocorre a reciclagem de matéria orgânica e nutrientes das fezes do gado criam um ciclo fechado que favorece a fertilidade do solo (FRANZLUEBBERS et al., 2014), bem como reduz a poluição da água e do ar e mantém bons rendimentos (GARRETT et al., 2017). O uso múltiplo das áreas agrícolas é a base para o aumento da eficiência do uso da terra (SCHOOF et al., 2021).

A produção mista é uma alternativa adequada para promover o desenvolvimento econômico e melhorar a segurança alimentar. É uma oportunidade para aumentar a produtividade pela intensificação e diversificação da produção agrícola (SONE et al., 2019).

A agricultura integrada a pecuária ganha interesse em todo o mundo como forma de reduzir os problemas ambientais ao mesmo tempo em que permite uma agricultura produtiva e economicamente viável (RYSCHAWY et al., 2014)

2.2 Circularidade de recursos: tipologia ReSOLVE

Conforme Reike, Vermeulen e Witjes (2018), a EC é um conceito em evolução ao qual novos aspectos são incorporados. Na última década ganhou força diante dos desafios para a sociedade se tornar mais sustentável. Com isso, formas de capturar a circularidade no uso dos recursos produtivos são utilizadas. Uma delas é a tipologia ReSOLVE proposta pela *Ellen MacArthur Foundation* (EMF, 2015), a qual fornece, seja para empresas ou países, uma ferramenta que, se adotada, gera estratégias circulares e iniciativas de crescimento.

Nesse sentido, Varella (2022) e diante da escassez de estudos sobre o tema economia circular na agricultura, propuseram a partir do *framework* ReSOLVE da EMF (2015) uma tipologia contemplando variáveis capazes de promover as práticas de EC por meio da Agricultura 4.0. Essas práticas são citadas no quadro 2 e, uma vez adotadas nas fazendas, contribuem com benefícios econômicos, ambientais e sociais. Pertinente destacar que, o escopo da tipologia ReSOLVE apresentado no quadro 2 embasou o roteiro semi estruturado desta pesquisa.

Quadro 2 - A tipologia ReSOLVE suas dimensões e variáveis para a economia circular

Dimensões	Variáveis
	Mudar para energia e materiais renováveis; recuperar, reter e restaurar a saúde dos ecossistemas e devolver os recursos biológicos recuperados a biosfera (EMF, 2015).
Regenerar (<i>Regenerate</i>)	Regenerar o solo: controle e preparo para favorecer sua preservação, gerenciar o manejo e uso dos produtos para manter a sua capacidade regenerativa biológica e nutricional (VARELLA, 2022).
	Recuperar nutrientes: recuperar nutrientes derivados do processo de plantio, como componentes de águas residuais e resíduos da colheita (VARELLA, 2022).
	Uso de energias renováveis: usar tecnologias para gerar energia como a solar, eólica, bem como aproveitamento de resíduos para isso (VARELLA, 2022).
	Reutilizar recursos finitos: controle de uso da água para a irrigação e reuso em atividades na fazenda (VARELLA, 2022).
Compartilhar (<i>Share</i>)	Maximizar a utilização dos produtos, compartilhando entre diferentes usuários, reutilizando-os durante toda a sua vida útil e prolongando sua vida útil por meio de manutenção, reparo e <i>design</i> para durabilidade (EMF, 2015)
	Compartilhar equipamento de TI: usar equipamentos de TI de provedores de Nuvem, economizando energia e sucateamento de equipamentos (VARELLA, 2022).
	Compartilhar equipamentos: compartilhar equipamentos entre as fazendas para diminuir os custos com investimentos e manutenção (VARELLA, 2022).
	Compartilhar resíduos: compartilhar resíduos entre fazendas para como adubação do solo ou alimento para o gado (VARELLA, 2022).
Otimizar (<i>Optimize</i>)	Aumentar o desempenho e a eficiência do produto; eliminar o desperdício na produção e na cadeia de suprimentos; aproveitar <i>Big Data</i> , automação, sensoriamento remoto (EMF, 2015).
	Otimizar uso de dados: uso de tecnologias de coleta remota de dados e ferramentas de gestão e do ecossistema de <i>Big Data</i> para a implantação da cultura de decisão baseada em dados (<i>data-drive decision</i>) (VARELLA, 2022)
	Automatizar: adotar sistemas automáticos para controle de processos na fazenda, por exemplo irrigação, fertirrigação, controle de pragas e gestão de maquinários (VARELLA, 2022).
	Otimizar o uso de pesticidas: controlar o uso de pesticidas na lavoura para o combate às pragas (VARELLA, 2022).
	Otimizar o uso da água: controlar o uso de água e buscar fontes alternativas, como água residual e de chuvas (VARELLA, 2022).
	Otimizar uso de energia: controlar o uso de energia e buscar fontes alternativas e renováveis (VARELLA, 2022).
Ciclar (<i>Loop</i>)	Remanufaturar produtos ou componentes; reciclar materiais; utilizar resíduos orgânicos; melhorar a eficiência dos produtos e utilizar novas tecnologias como o <i>Big Data</i> (EMF, 2015).
	Remanufaturar (ex. peças dos equipamentos de processos) (VARELLA, 2022).
	Realizar cadeia reversa: realizar avaliação de possibilidade de devolver produto para outra etapa de produção (VARELLA, 2022).

	Reciclar: extrair componentes bioquímicos de resíduos e reaproveitar na fazenda (VARELLA, 2022).
Virtualizar (<i>Virtualize</i>)	Entregar utilidade de forma virtual; desmaterialização direta e indireta (ex. compras online, escritórios virtuais) (EMF, 2015).
	Virtualizar informações: disponibilizar as informações em sistemas gráficos, facilitando a interpretação pelos agricultores, gestão estratégica e operacional, e economizando insumos recursos como papel e insumos para a impressão (VARELLA, 2022).
	Utilizar serviços remotos: adotar tecnologias de acesso remoto para o controle e gestão de sistemas da fazenda com dispositivos móveis conectados na internet (VARELLA, 2022).
Troca (<i>Exchange</i>)	Substituir materiais antigos e não renováveis por materiais novos (ex. motores elétricos); aplicar novas tecnologias e novos produtos/serviços (ex. transporte multimodal) (EMF, 2015)..
	Aplicar novas tecnologias: adoção de tecnologias de IoT para a coleta de dados na plantação e automação de processos (VARELLA, 2022).
	Aplicar novas tecnologias: adoção de tecnologias de Nuvem para reduzir custos operacionais e de manutenção e os dados disponibilizados aos agricultores em dispositivos móveis (VARELLA, 2022).
	Aplicar novas tecnologias- utilização de tecnologias do ecossistema de Big Data (<i>IA, Machine Learning, Deep Learning</i>) possibilita a implantação de <i>Data- Driven decision</i> nas fazendas (VARELLA, 2022).
	Aplicar novas tecnologias: adoção de tecnologias robóticas, de drones e equipamentos autônomos pode contribuir com ganhos econômicos, ambientais e sociais (VARELLA, 2022).

Fonte: adaptado de EMF (2015) e Varella (2022)

O incremento de novas variáveis a proposição inicial da EMF (2016) faz sentido para Varella (2022) diante da revolução digital na agricultura com o uso das tecnologias da Indústria 4.0, isso permite cenários com benefícios ambientais, sociais e econômicos pelo controle do uso dos recursos. A crescente demanda mundial por alimentos, o impacto na produção agrícola traz incentivo ao aumento da produtividade, o que demanda avanços tecnológicos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A discussão proposta nesta pesquisa utilizou dados qualitativos analisados de forma interpretativa que possibilitaram relacionar os dados do contexto empírico com os pressupostos teóricos envolvendo seis dimensões da tipologia ReSOLVE para avançar na economia circular em um contexto agrícola que integra produção agrícola e pecuária (VIEIRA, 2004; COLLIS; HUSSEY, 2005). O objetivo do estudo foi exploratório e analisou o fenômeno relativo a circularidade no uso dos recursos produtivos na agricultura, sendo essa finalidade pertinente diante de um tema pouco explorado (YIN, 2010) no escopo aqui delimitado.

De forma a entender o fenômeno circularidade dos recursos em um sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário (ou produção mista), teve-se como objeto de estudo uma propriedade rural que cultiva soja, milho e pecuária. Iniciou as atividades em 1989 no município de Campo Novo do Parecis-MT e atualmente além da agricultura e pecuária, atua nas áreas de silvicultura e armazenagem. O critério de escolha do caso se deve ao fato da propriedade rural ter produção mista desde 2014, declarar-se no seu *website* que produz de forma sustentável e utiliza tecnologias a favor da produtividade e sustentabilidade. Além dessas qualificações, ainda é reconhecida na área social e ambiental, tanto a nível de estado como nacional, como referência na sua área de atuação diante dos prêmios e certificados recebidos pelas práticas que adota.

A coleta de dados, sua organização e o *framework* utilizado no roteiro semi estruturado de entrevista foi baseada na tipologia ReSOLVE conforme o escopo apresentado no Quadro 2, considerando o proposto pelo EMF (2015) e incrementadas com novas variáveis por Varella (2022) quanto a contribuição da Agricultura 4.0. Desse modo, foram consideradas seis dimensões: regenerar, compartilhar, otimizar, ciclar, virtualizar e trocar, as quais envolvem práticas para fazer a transição da economia linear para a economia circular. Ainda foram buscadas informações no *website* da empresa, observações *in loco* que complementaram os

dados das entrevistas semi estruturadas, bem como caracterizaram o local quanto a sua história e atividades produtivas.

As entrevistas semi estruturadas foram realizadas com três gerentes da propriedade rural entre os dias 23 e 25 de julho de 2022 pelo *Google Meet*. O tempo médio de duração foi entre 40min a 60min. Posteriormente, as entrevistas foram transcritas na íntegra e extraídos os dados relevantes ao objetivo do estudo. Foram entrevistados três gestores, sendo um da pecuária (entrevistado 1- E1), outro do setor agrícola (E2), outro de processo e do armazém (E3). O critério de escolha foi por estarem a frente das duas principais atividade produtivas (E1 e E2) e de processos e armazém (E3), o qual tem além do conhecimento de todos os setores, fornece suporte as atividades produtivas.

Após a transcrição das entrevistas, os dados foram analisados com base na técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2004), sendo os elementos empíricos posteriormente organizados e discutidos à luz da abordagem fornecida por EMF (2015) e complementado por Varella (2022) quanto a as seis dimensões da tipologia ReSOLVE para avançar na EC.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Caracterização do local analisado

A propriedade rural familiar iniciou suas atividades na produção de grãos em 1989 e contava em julho de 2022 área total com cultivo de soja e milho de 9.500ha e com 85 funcionários distribuídos em seis setores: agrícola, armazém, financeiro, pecuária, suprimentos e gestão de pessoas. A atividade pecuária teve início em 2014 envolve a cria e engorda de bovinos em semiconfinamento e confinamento tendo capacidade anual de 6 mil cabeças.

Para aumentar a produtividade adotam práticas como pastejo rotacionado, integração lavoura-pecuária (ILP) e integração pecuária-floresta (IPF). Nos períodos de seca a integração com a agricultura permite a utilização de 600ha de pasto como segunda safra. Adotam sistema de rastreabilidade bovina, o que permite ao consumidor final saber a origem do produto.

Na área de silvicultura cultivam eucaliptos, o que além de diversificar a renda, contribui para melhor aproveitamento e conservação das áreas arenosas com menor produtividade, bem como o bem estar animal pela sombra produzida. Utilizam parte da lenha extraída para consumo próprio no armazém e outra parte é comercializada. O armazém de grãos tem capacidade para 500 mil sacas, sendo parte os resíduos deste aproveitado na ração dos animais.

No *website* da propriedade rural são citadas ainda premiações e certificados recebidos desde 2005 até 2022, que dentre outros versam sobre: melhor empresa para trabalhar no agronegócio, *Round Table on Responsible Soy*, Soluções para Suprimentos Sustentáveis e *Environmental, Social and Governance* (ESG).

Também constam afirmações como: “Contribuindo para o desenvolvimento do agronegócio de forma sustentável” e “utilizamos a tecnologia a favor da produtividade e sustentabilidade”. Mencionam adotar práticas para apoiar um ciclo virtuoso baseado em produzir e preservar. Citam ainda os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) dentre os quais destacam três metas da empresa para melhoria das suas atividades produtivas e que contribuem com: ODS: 2.2: Fome Zero e agricultura sustentável: melhorar a fertilidade do solo para aumentar a produtividade da soja em 0.44% até 2023; 4 – Educação de qualidade: elevar o nível de escolaridade de 18,75% dos funcionários até 2025 e 8 – Trabalho decente e crescimento econômico: aumentar em 47,8% o capital tecnológico imobilizado.

4.2 Análise da circularidade no sistema de produção que integra grãos e pecuária

Sobre o uso dos recursos no sistema de produção integrada, os entrevistados mencionaram os recursos que utilizam na lavoura e pecuária, os quais estariam ociosos ou gerariam resíduos. Nesse sentido, o responsável pela pecuária identificado como E1, citou que as pessoas em momentos de entre safra, são absorvidas no setor da pecuária.

Quanto ao uso de resíduos, caso não houvesse atividade agrícola, todo o esterco da pecuária usado como adubo orgânico, seria usado nas pastagens, no entanto, pode ser utilizado nas áreas onde é feita segunda safra. Os adubos e defensivos, boa parte derivada da atividade agrícola, são absorvidos na produção pecuária. As máquinas e equipamentos, quando não são utilizados na pecuária, podem ser utilizados na agrícola e vice versa. Do contrário, estariam ociosas até chegar à safra seguinte.

Outro aproveitamento se refere aos investimentos em cursos, os quais uma vez ofertados ao setor agrícola, são aproveitados também pelo setor pecuária, tendo em vista que o setor pecuária por ter poucas pessoas, tornaria inviável (E1). Em relação as máquinas e equipamentos, o responsável pelo setor agrícola, denominado E2, disse que os setores se beneficiam mutuamente, pois, se fosse para um único setor, seria inviável a aquisição diante do custo e ociosidade em dados períodos. Citou como exemplo um caminhão pipa para lavar as balanças do armazém, o qual é do setor agrícola, isso torna o custo de operação mais baixo. Mencionou ainda o uso compartilhado de um pulverizador e a compra de uma retro escavadeira, a qual se fosse para uso em um só setor, não seria adquirida. Tais afirmações denotam a percepção de que a produção integrada de grãos e pecuária, justifica e viabiliza a aquisição de equipamentos e potencialização do seu uso.

Conforme o responsável pelo setor armazém, nominado E3, nesse setor é onde mais funcionários podem ser aproveitados na entre safra, assim são redistribuídos, o que contribui para manter a cultura da empresa e minimizar custos com integração e treinamentos de novos funcionários. Mencionou ainda mencionou o uso de resíduos de milho e soja provenientes do armazém, os quais são utilizados na ração bovina. O gestor do setor agrícola (E2) citou que o uso de áreas de lavoura para a pastagem, reduz os custos para a correção do solo, uma vez que são aproveitados também para a pastagem. São aproveitados o calcário, adubação fosfatada, o resíduo destes melhora o perfil do solo. Nas áreas de lavoura com pecuária o capim fica melhor, bem como o animal ao pastejar, seu esterco que ajuda a melhorar a lavoura de soja. Afirmam que nas áreas com pecuária e lavoura, a produção de grãos é maior e que a produção integrada é boa para ambas as partes (lavoura e pecuária), por isso pretendem ampliar as áreas de produção integrada.

Diante dos relatos, fica evidente a sinergia gerada por esse formato de produto, a qual além de gerar resultados produtivos satisfatórios e redução de custos, permite melhor aproveitamento de recursos como: máquinas e equipamentos, insumos (adubo, calcário), mão de obra, treinamentos, resíduos do armazém e esterco dos animais para adubação.

4.2.1 Estrutura ReSOLVE: áreas de ação para a economia circular

Na sequência são apresentados os dados coletados e organizados referente as práticas de economia circular desenvolvidas na propriedade rural a partir da estrutura ReSOLVE tendo em vistas as dimensões: Regenerar, Compartilhar, Otimizar, Ciclar, Virtualizar e Trocar, considerando o proposto pelo EMF (2015) e incrementadas com novas variáveis por Varella (2022) quanto a contribuição da Agricultura 4.0.

a) Regenerar: É efetuada a separação de lixo reciclável e a compostagem do lixo orgânico. Os entrevistados E1 e E2 disseram que todo o lixo reciclável gerado é doado e entregue a uma cooperativa de catadores. Realizam a logística reversa de materiais específicos como embalagens de defensivos. Materiais como *pallets* que recebem com insumos, posteriormente são vendidos ou trocados por produtos com outras empresas (E1). O ferro velho e *bags* (sacos plásticos grandes) são vendidos. Óleos usados, baterias, pneus e perfurocortantes não são vendidos, porém são recolhidos por empresas especializadas (E2). Também fazem uso de energia limpa, produzem energia solar que atende 70% do consumo, como relatado pelo E3 responsável pelo setor armazém.

Quanto as práticas regenerativas advindas da Agricultura 4.0 citadas pelo E1 e E2, se relacionam a: i) manter e restaurar a saúde do solo: revolvem o mínimo possível o solo, cultivam plantas de cobertura que, por terem raízes profundas ajudam a descompactar o solo e permite melhor absorção de nutrientes; ii) agricultura de precisão para torna torna mais eficiente o uso dos insumos; iii) as variedade de soja plantadas são escolhidas considerando as especificidades das áreas; iv) adubação biológica que contribui para a vida no solo, bem como preservam a matéria orgânica que mantém a temperatura do solo baixa e maior umidade.

No quesito recuperar nutrientes utilizados na plantação, o E2 citou a palhada do milho que se transforma em adubo para a soja e vice versa.

No que tange ao uso de energias renováveis geradas na propriedade rural, os três entrevistados citaram a energia solar e que pretendem implantar um biodigestor. Quanto a reutilizar recursos biológicos finitos, como a água, o E3 citou a captação de mais de 20 milhões de litros de água da chuva que utilizam para lavar equipamentos, pulverização e irrigação de áreas de circulação da fazenda. Ainda foi citado pelo E2 que, na pulverização das lavouras utilizam baixa vazão dos equipamentos, o que reduz o consumo da água. Ao invés de usar 100 litros de água por hectare, usam 50l.

Diante dos relatos, somadas as práticas citadas pela EMF (2015) e Varella (2022) quanto a contribuição da Agricultura 4.0 para a dimensão “Regenerar” que envolvem tratos com o solo, nutrientes, uso de água e energia renovável.

b) Compartilhar: quanto a locação de serviços, foi citado pelo E2 o transporte terceirizado de defensivos e pelo E1 a locação de um barracão inflável para armazenar insumos da pecuária e o aluguel de pá carregadeira. O E3 mencionou que os caminhões para transporte de insumos e de grãos da lavoura para o armazém na fazenda é terceirizado. Quanto a comprarem produtos remanufaturados, isto é, de segunda mão para uso, não adquirem externamente, no entanto, internamente entre os setores fazem isso, ou seja, repassam de um para o outro (E1, E2 e E3).

No que se refere a procedimentos de reparo, reuso e conserto dos itens, sempre que possível reformam/adaptam equipamentos do setor para o outro, bem como fazem reparos em máquinas mais antigas para mantê-las atualizadas e aptas ao funcionamento (E2).

A respeito de zelarem pelo prolongamento da vida dos produtos por meio da manutenção e atualização, os entrevistados E1 e E2 citaram a adoção de um cronograma para revisões preventivas e de manutenção de máquinas e equipamentos, bem como lavagem dos equipamentos após seu uso. Quanto as práticas de EC envolvendo a Agricultura 4.0 referentes ao uso de serviços de Nuvem para hospedagem de serviços e dados, o E2 e o E3 citaram que muitos dados são armazenados em dispositivos e aplicativos com bancos de dados e a um servidor. Sobre compartilhar equipamentos entre as fazendas, o E2 e o E3 mencionaram que entre as propriedades rurais isso não ocorre, mas somente internamente entre os setores.

Fazem aproveitamento de resíduos entre culturas. Foi citado pelo E1 que para ração do gado pegam bagaço de cana de açúcar, o *Dried Distillers Grains* (DDG – grãos secos de destilaria) resíduos esses de usinas de etanol e, caroço de algodão de uma fazenda próxima.

Observou-se nessa propriedade rural a presença da dimensão “Compartilhar” citada pela EMF (2015) e Varella (2022) e sua contribuição envolvendo a locação de serviços, procedimentos de reparo, reuso e conserto, prolongamento da vida útil dos produtos, o serviço de Nuvem, compartilhar equipamentos internamente e aproveitar resíduos de culturas, sendo essas ações favorecidas pelo sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário.

c) Otimizar: adotam princípios e práticas de melhoria contínua e citaram o Programa 5s e o Ciclo PDCA: planejar (*plan*), fazer (*do*), checar (*check*) e agir (*act*). A cada ano safra realizam/revisam o planejamento estratégico, para o qual usam ferramentas de gestão como a Matriz SWOT, 5W2H e o Ciclo PDCA, conforme relatado pelo E3.

Sobre a redução de desperdícios nos processos, o E1 citou que na pecuária é feito “leitura” dos cochos onde são tratados os animais. Esse acompanhamento permite que as sobras

de ração sejam recolhidas e usadas posteriormente. No setor agrícola, o E2 informou que fazem a análise de solo para evitar gastos desnecessários com adubação; controlam as perdas na colheita de soja e milho. Na oficina adotam cuidados para evitar vazamentos de produtos; no lavador de máquinas usam produtos com bom rendimento para gerar economia de água. Citou novamente os cuidados com a pulverização, a qual feita em condições adequadas, evita perdas de produtos e melhor eficácia, o que é possível pelo Manejo Integrado de pragas (MIP) que adotam. No que tange ao uso de tecnologias para maximizar o uso de recursos, o E2 mencionou um sinal de precisão *Real-Time Kinematic* (RTK) que permite qualidade na comunicação dos dispositivos presentes nas máquinas, os quais favorecem a precisão nas operações realizadas e, conseqüentemente perdas. Citou como exemplo uma plantadeira que dispõe de tecnologia para evitar que a semente caia onde já foi plantado.

Referente ao nível tecnológico, os três entrevistados concordam que o adotado no processo produtivo de grãos e pecuária é alto. As práticas envolvendo a Agricultura 4.0 no quesito uso de tecnologias de apoio a tomada de decisão, no setor agrícola foi citado pelo E2 o seguinte: i) o Manejo Integrado de Pragas (MIP) para aplicar defensivos somente na área de infestação e essa informação pode ser inserida no mapa do pulverizador e fazer aplicações precisas; ii) o levantamento pluviométrico para mapear os locais e índices de chuva e pulverizar em condições adequadas; iii) o mapa de plantio e de colheita e pretendem implantar a avaliação de população de plantas, o que favorece melhor uso da terra e insumos; iv) máquinas e equipamentos que fornecem informações sobre plantio e colheita e os mapas gerados mostram as áreas e sua produção, permitindo tratamento/correção do solo com precisão. Onde o solo demanda mais matéria orgânica e não química, usam essas áreas para a pecuária, uma vez que a pastagem aumenta a matéria orgânica.

Ainda foi citado pelo E3 o uso do *Business Intelligence* (BI) o qual apresenta dados dos diversos setores da propriedade rural e contribui para a tomada de decisões a partir das informações geradas. Quanto ao uso de tecnologias para automação da fazenda, o E3 mencionou a sistema de termometria e areação utilizados no armazém. Essa automatização gera economia de energia e melhor qualidade dos grãos armazenados.

No caso da pecuária, o E1 informou que foi automatizada a distribuição do o trato nos cochos dos animais no confinamento. Foram colocados *tags* (etiquetas com microchip) onde inicia o abastecimento e ao passar o vagão tratador é feita a leitura e, automaticamente informado ao sistema a quantidade de ração fornecida. Isso evita fazer anotações manuais, e posteriormente seu lançamento. Em relação a otimizar/controlar o uso de pesticidas, como já mencionado anteriormente pelo E2 que, por meio do MIP é identificado o local de infestação de pragas e essa informação inserida no mapa do pulverizador permite aplicar de defensivos com precisão, evitando uso excessivo ou desnecessário de produtos na lavoura.

No quesito otimizar o uso da água e buscar fontes alternativas, foi relatado pelos três entrevistados a coleta de água da chuva captada dos telhados dos barracões e utilizada na lavagem de máquinas e irrigação dos jardins. São anualmente coletados 6,5 milhões de litros.

No que se refere a práticas para otimizar uso de energia envolvendo uso de energia renováveis, como já citado, usam energia solar. O E3 e o E2 disseram que é feito acompanhamento da produção de energia, bem como a limpeza e estado de conservação das placas solares, uma vez que todos estes fatores interferem na quantidade de energia produzida.

Ficou evidente a presença das práticas de EC para dimensão “Otimizar” quanto a adoção de princípios e práticas de melhoria contínua, redução de desperdícios nos processos, utilização de tecnologias para maximizar o uso de recursos da EMF (2015) complementadas por Varella (2022) relacionadas ao uso de tecnologias de apoio a tomada de decisão, tecnologias para automação, otimizar/controlar o uso de pesticidas, otimizar o uso da água e buscar fontes alternativas e otimizar uso e produção de energia renovável.

d) Ciclar: os três entrevistados citaram, e já mencionado anteriormente, a adoção de práticas de reuso e reciclagem nos processos como a separação de lixo reciclável e entrega a uma cooperativa de catadores, a compostagem do lixo orgânico, efetuam a logística reversa das embalagens de defensivos, vendem *pallets*, ferro velho e sacos plásticos. Em suma, disseram aproveitar os resíduos, seja vendendo ou utilizando internamente. E quando não tem mais utilidade internamente e passível de venda, fazem o descarte consciente.

Sobre usar bens remanufaturados, sempre que possível, os três respondentes disseram reutilizar materiais entre os setores, porém não adquirem nada externo. Em relação a adotarem os pressupostos do lixo zero, isto é, comercializar resíduos para se tornar insumo em outra cadeia produtiva e zelar por ciclos curtos e ciclos fechados de produção, o realizado consta no parágrafo anterior. Quanto a utilizarem resíduos como recurso, por exemplo, reciclagem, compostagem, energia do lixo, o E1 e o E2 citaram o uso do esterco para adubação da pastagem e o chorume – a água que escoo do confinamento é coletada por meio de caixas de contenção e aproveitada na fertirrigação das pastagens.

No escopo da Agricultura 4.0 quanto as práticas remanufaturar produto/peças dos equipamentos, o E1 citou que no setor pecuária reaproveitam *bags* (grandes sacos plásticos) e *containers* de mil litros de fertilizantes para armazenar ração na parte recria. Sobre a cadeia reversa, ou seja, devolver produto para outra etapa de produção já destacado nos parágrafos anteriores e envolvem separação de lixo reciclável e entrega a uma cooperativa de catadores, compostagem de lixo orgânico, logística reversa das embalagens de defensivos, vendem *pallets*, ferro velho e sacos plásticos. No que se refere a usar tecnologias para o reaproveitamento de resíduos, extração de componentes bioquímicos de resíduos e reaproveitar na fazenda, já mencionado nos parágrafos anteriores e envolvem reciclagem, compostagem, no caso o esterco e o chorume para a adubação e fertirrigação das pastagens.

Foi também observada a dimensão “Ciclar” nos termos propostos pela EMF (2025) referente a adoção de práticas de reuso e reciclagem nos processos, uso de bens remanufaturados, sempre que possível, pressupostos do lixo zero - comercializar resíduos, uso de resíduos como recurso produtivo. Constatou-se ainda a o disposto por Varella (2022) quanto a remanufaturar produto/peças dos equipamentos, ações de logística reversa envolvendo resíduos que podem ser aproveitados em outras cadeias, bem como o reaproveitamento de materiais e resíduos da pecuária para agricultura.

e) Virtualizar: quanto a aquisição de insumos *online* por aplicativos e mídias digitais, o E3 e o E2 informaram que e compram alguns insumos pela *Internet*, telefone e *e-mail*, no caso peças bem específicas. Já a venda da produção e dos bovinos é realizada de forma *online*.

Quanto a adotarem indicadores de tomada de decisão oriundos de *Big Data*, e já citado anteriormente, é utilizado para o controle de pragas, levantamento pluviométrico, mapa de plantio e de colheita, dispositivos em máquinas e equipamentos que fornecem informações sobre plantio e colheita. Os mapas gerados mostram as áreas e sua produção, o que permitem tratamento/correção do solo de forma precisa. Também usam o *Business Intelligence* (BI) que contribui para a tomada de decisões a partir das informações geradas.

No âmbito da Agricultura 4.0, no item que tem a ver com tornar as informações disponíveis em mídias digitais, facilitando a interpretação, os três entrevistados citaram que, depende da informação, ela circula pelo sistema. Muitas são informadas pelo *WhatsApp* e *e-mail* (as mais formais). Informações como mapas de produção estão *online* pelo próprio sistema e é acessado pelos usuários a qualquer momento. Além deste, tem mais 2 plataformas para acesso de informações.

Quanto ao uso de tecnologias de acesso remoto, gestão de sistemas da fazenda com dispositivos móveis conectados na *Internet*, o E3 citou o BI e o E2 mencionou setor agrícola tem quase total a acesso pelo celular. Em relação a dimensão “Virtualizar”, observou-se a ausência de duas práticas previstas pela EMF (2015) tendo em vista a especificidade do local

analisado. Uma delas se refere a comercialização de produtos como serviços – *servitização*, e o *e commerce*. Já no escopo da Agricultura 4.0 como citado por Varella (2022) as práticas circulares constatadas dizem respeito a tornar as informações disponíveis em mídias digitais, facilitando a interpretação e uso de tecnologias de acesso remoto.

f) Trocar: trocam tecnologias antigas de produção por novas, sempre que possível. Isso fora exemplificado pelo E2 ao relatar que no setor agrícola possuíam plantadeira que trabalhava na velocidade de 6km/h e substituíram outra que planta a 16km/h e com qualidade superior. Informou ainda que sempre adotam e ou substituem tecnologias que trazem melhor desempenho produtivo. Na pecuária, o E1 citou que o controle do trato dos animais era feito por balança e foi substituída pela atual que é automatizada.

Quanto a adotar tecnologias de produção que gastam menos energia e são mais eficientes, o E3 disse que sempre buscam alternativas para isso em diferentes escopos. Citou o setor de pessoal no qual adotam políticas e pacote de benefícios atrativos. No setor agrícola adotam as melhores tecnologias em todo o ciclo produtivo. Na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) utilizam tecnologia alemã no beneficiamento de sementes e na pecuária automatizaram o trato. Entende que tem disponível a melhor tecnologia de produção.

Nesse mesmo quesito, o E1 e E2 complementaram o E3 ao citarem a adoção de práticas produção como ILPF, rotação de culturas, plantio direto, plantio consorciado, bem estar animal, são tecnologias que consomem menos energia e ao mesmo tempo são eficientes. Nesse sentido, o E1 mencionou um isotônico que colocam na água dos animais para recuperar energia quando chegam de viagem e cansados e o E2 a tecnologia embarcada nas sementes. Elementos esses que se alinham a premissa de adoção de novas tecnologias nos processos produtivos. Quanto a recusar o uso de insumos que geram resíduos e contaminação, o E1 e o E2 disseram que no contexto agrícola prevalece a opção pela eficiência, sendo difícil optar por insumos que geram menos resíduos e contaminação diante das alternativas atuais no mercado fornecedor. Decorrente de tal fato, não tem a possibilidade de recusar produtos com embalagens que não podem ser aproveitadas. No entanto, citou que alguns fornecedores de insumos tem embalagens maiores e que consomem menos plásticos. E nesse caso, se tiverem a opção de comprar um mesmo produto em embalagem que geram menos resíduos, optarão por essas.

Quanto a tipologia ReSOLVE envolvendo a Agricultura 4.0 sobre a EC, observou-se a adoção de tecnologias de IoT (agricultura inteligente) para a coleta de dados na plantação e ou automação de processos que permitem maiores rendimentos de colheita e sistemas de gestão agrícola aprimorados. Bem como a o uso de tecnologias de Nuvem que minimizam os custos operacionais e de manutenção, a disponibilidade de dados em dispositivos móveis, a utilização de tecnologias que possibilita a tomada de decisões a partir de dados. Constatou-se ainda a adoção de tecnologias de drones e equipamentos autônomos para contribuir com ganhos econômicos, ambientais e sociais. Além da automatização do trato na pecuária e a termometria no armazém, foi informado pelo E1 e o E2, que usam drone para captar dados por imagens na pecuária, na agricultura e também na floresta. O E2 complementou dizendo que pretendem usar drone para mapear as ervas daninhas e aplicar produto somente onde tiver incidência. Monitorar locais por drone permite gerar mapas e dosar com precisão os herbicidas, o que pode reduzir expressivamente o custo pelo uso em excesso dos produtos.

Em relação as práticas de EC relativas a dimensão “Trocar” observa-se a presença da maioria delas de acordo com a EMF (2015), no entanto há espaço para avanços e estes são de ordem externa, ou seja, dos fornecedores de insumos. Há limitação de opções quanto a insumos que geram menos resíduos no que tange em especial ao reaproveitamento de embalagens. Complementado pela contribuição da Agricultura 4.0 de Varella (2022), foram evidenciadas práticas como coleta de dados e automação de processos, tecnologia de Nuvem e drones.

A síntese dos resultados apresentados, considerando os pressupostos teóricos adotados sobre as dimensões da EC baseada na tipologia ReSOLVE (EMF, 2015 e VARELLA, 2022),

foi constada as práticas de EC em sua maior parte. No entanto, observa-se que há espaço para melhorias e ou avanços. Dentre os quais destaca-se a ausência na dimensão “Compartilhar” quanto ao compartilhamento de equipamentos entre as fazendas e na dimensão “Otimizar” a adoção do ciclo fechado da água nos processos produtivos. O compartilhamento que ocorre é somente entre os setores (interno) e favorecido pelo sistema de produção mista adotado.

Já em relação a dimensão “Virtualizar”, as práticas de EC comercializar a produção pelo *e-commerce* e produtos como serviços, não foram constatadas uma vez que o contexto analisado envolve a produção de *commodities*. Desse modo, as adotadas na pesquisa, sendo: a) de existir no contexto analisado práticas de EC consideradas pela tipologia ReSOLVE da EMF (2015) e b) de que a Agricultura 4.0 contribui para as práticas de EC (VARELLA, 2022), foram confirmadas, uma vez estas se complementaram ao ilustrar as práticas de EC adotadas e aqui apresentadas.

4.3 Práticas de Agricultura circular no contexto analisado

Diante do caso analisado e a necessidade de repensar o desenvolvimento agrícola, a perspectiva trazida pela AC contribui para melhorar os processos agrícolas existentes e projetar novos, como destacam Atinkut (2020) e Yue et al (2022).

Diante da perspectiva de AC fornecida por Trendov (2027), identificaram-se práticas no caso analisado que minimizam consumo de insumos produtivos (áreas da pecuária incrementam a produção de grãos sem uso de recursos adicionais), reciclagem (palha da colheita e esterco melhoram a qualidade do solo), eficiência (em uma mesma área pode produzir grãos e animais) e tecnologia (a Agricultura 4.0 favorece a circularidade no uso dos recursos).

Outra constatação foi de que a AC envolve o manejo de insumos orgânicos do solo para melhorar sua fertilidade e a sustentabilidade do sistema de cultivo conforme citado em El Janati et al (2021), prática adotada na propriedade rural, no caso o sistema de plantio direto.

Constata-se diante do caso analisado, a convergência com a afirmação de Atinkut (2020) de que a AC é uma nova abordagem e constitui um modelo de cultivo com vantagens ecológicas e econômicas, e como tal é possível viável.

Na definição de AC apresentada pela WUR (2018) é mencionada a busca coletiva de agricultores, empresas e pesquisadores pela combinação ideal de princípios ecológicos com tecnologia moderna. Esses princípios podem ser observados, seja em maior ou menor grau nas seis dimensões do EMF (2015) e seu favorecimento pela Agricultura 4.0. Outro fator previsto pela a WUR (2018) se refere as práticas de AC não manterem foco somente em rendimentos, uso eficiente dos recursos e energia, mas causar menos impacto no meio ambiente, na natureza e no clima. O que reforça a afirmação de Velasco-Muñoz et al (2021) quanto a AC abarcar atividades que vão além de garantir a sustentabilidade econômica, ambiental e social na agricultura pela adoção de práticas quanto a otimização dos recursos produção.

Embora as práticas de AC citadas na literatura sejam atribuídas a países como a Holanda e China, constatou-se que o caso aqui analisado evidencia a adoção de práticas de EC compatíveis com o que a literatura define como de AC. O que de acordo com Li et al (2021) é um novo tipo de agricultura e se concentra na circularidade de materiais e energia combinada com recursos naturais e. permite o alcance de objetivos ecológicos, econômicos e sociais ao mesmo tempo, portanto, um sistema agrícola sustentável.

Pertinente destacar a contribuição da tecnologia para as práticas de AC neste estudo norteadas pela Agricultura 4.0, o que vai ao encontro do que afirmam Li et al (2021) quanto a ciência e a tecnologia avançadas darem suporte para a AC. No entanto, os autores ponderam que diferente da agricultura convencional, a AC a exige tecnologias que demandam volumes maiores de investimentos, o que exige do governo suporte técnico e financeiro.

Cita-se também que, o cenário encontrado quanto as práticas de EC proposto pela EMF (2015) e complementadas por Varella (2022) quanto a Agricultura 4.0, são permeadas e favorecidas pela adoção do sistema de produção integrada. O que reforça a afirmação de

Hilimirek (2011) e Zhu, Jia e Lin (2019) de que o modelo de agricultura mista adota os princípios da EC por reciclar resíduos e por isso contribui para os objetivos da AC.

O aumento da eficiência do uso da terra pelos sistemas integrados lavoura-pecuária como destacado por Schoof et al (2021) contribui para a sustentabilidade dos sistemas alimentares, o que ficou evidenciado pela estrutura ReSOLVE quanto presença de quase a totalidade das práticas no ambiente analisado. De forma a exemplificar, destaca-se as dimensões “Regenerar e Ciclar” foram evidenciadas na produção mista, uma vez que foi citada a reciclagem de matéria orgânica e nutrientes das fezes do gado cria um ciclo fechado que favorece a fertilidade do solo como afirmam Franzluebbbers et al (2014).

A partir do caso analisado, ilustrado nas dimensões “Otimizar e Compartilhar”, constata-se que a produção integrada é uma alternativa para aumentar a produtividade pela intensificação do uso dos recursos produtivos e a diversificação da produção agrícola, com apontado por Sone et al (2019). Consequentemente, a adoção das práticas circulares previstas na tipologia ReSOLVE, minimizam os problemas ambientais ao mesmo tempo em que contribui para agricultura produtiva e economicamente viável, o que além de constatado no contexto empírico em questão, foi defendido por Ryschawy et al (2014).

Em suma, observa-se que os sistemas de produção mista melhoram a qualidade do solo que resulta em aumento de produtividade ao mesmo tempo em que reduz o uso e gastos com insumos externos como fertilizantes, como destacado por Trendov (2017). Além dos ganhos econômicos, beneficia o meio ambiente pela reutilização de recursos e das externalidades ambientais negativas relacionadas, como citam Hang et al (2021) e isso foi captado *in loco* pela Estrutura ReSOLVE e reforçada nas falas complementares dos entrevistados.

A AC é um conceito recente e envolve práticas agrícolas convergentes com a EC por otimizar o uso dos recursos como citado por Zhu, Jia, Lin, (2019). Nesse sentido, percebeu-se no caso analisado práticas convergentes com a AC em um modelo de produção que combina o plantio de lavouras com a pecuária, tornando evidente que o sistema de produção mista adotado, favoreceu a circularidade no uso dos recursos produtivos. Isso posto, confirma a suposição c) de que “o sistema de produção mista (grãos e bovinos) favorece as práticas de AC”.

5 CONCLUSÃO

Alternativas de produção circular são necessárias frente ao modelo linear, especialmente na agricultura tendo em vista seu papel para a produção alimentos e ao mesmo a demanda por recursos finitos. As práticas EC adotadas na agricultura podem ser denominadas de AC circular. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi identificar as práticas da agricultura circular por meio da tipologia ReSOLVE em um sistema de produção misto. Sendo então constatadas no caso analisado, a presença das seis dimensões: Regenerar, Compartilhar, Otimizar, Ciclar, Virtualizar e Trocar na maioria de suas práticas com base no proposto pelo EMF (2015) complementada por Varella (2022) pela Agricultura 4.0. Tornando evidente a presença da circularidade no uso dos recursos apoiada pela tecnologia advinda da Agricultura 4.0.

Embora constatada a predominância das práticas consideradas pela tipologia ReSOLVE, observa-se que há espaço para melhorias e ou avanços. Cita-se a ausência na dimensão “Compartilhar” o compartilhamento de equipamentos entre as fazendas e na dimensão “Otimizar” a adoção do ciclo fechado da água nos processos produtivos. Outra prática não observada foi relacionada a dimensão, a “Virtualizar” no quesito comercializar a produção pelo *e-commerce* e comercializar produtos como serviços, no entanto entendeu-se que não são aplicáveis ao um contexto que envolve *commodities*.

Como limitações, destaca-se o ambiente analisado, uma vez que os dados refletem a realidade de uma propriedade rural mato-grossense com produção mista e, por tal característica, não generalizáveis às demais. Soma-se a isso o fato de receberem certificações e prêmios por produzir de forma sustentável, o que pode denotar/evidenciar um caso de exceção. Outra

limitação se aplica a lente teórica adotada, uma vez que a tipologia ReSOLVE podem ser incorporadas outras dimensões capazes de trazer evidências além das aqui evidenciadas. Além disso, a definição de agricultura circular é recente e pode interferir na análise realizada.

A contribuição se dá pela análise de uma prática comparada à teoria, haja vista que se trata de um tema que ao mesmo tempo é novo, é também necessário diante do papel da agricultura de alimentar o mundo e buscar alternativas ao modelo de produção linear vigente. Assim, a pesquisa evidenciou práticas de EC na produção agrícola, sendo favorecida em boa parte pelo sistema de produção misto. A AC inicialmente tem sua adoção em países como Holanda e China por política de governo, no entanto a partir do caso analisado é possível conhecer um caso brasileiro e na produção de grãos, pouco discutida na literatura da área.

Para pesquisas futuras, sugere-se ampliar o escopo do estudo para um conjunto maior de propriedades rurais mato-grossenses, haja vista que o estado é maior produtor brasileiro de grãos e possui um dos maiores rebanhos bovinos. Bem como abordar no estudo as possibilidades e limitações para adoção das práticas da AC na produção agropecuária.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATINKUT, Haimanot B. et al. Cognition of agriculture waste and payments for a circular agriculture model in Central China. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2020.
- AZNAR-SÁNCHEZ, José A. et al. Identification of opportunities for applying the circular economy to intensive agriculture in Almería (South-East Spain). *Agronomy*, v. 10, n. 10, p. 1499, 2020.
- BASSO, Bruno et al. Enabling circularity in grain production systems with novel technologies and policy. *Agricultural Systems*, v. 193, p. 103244, 2021.
- BIBAS, R., J. CHATEAU, E. LANZI. Policy scenarios for a transition to a more resource efficient and circular economy. In: *OECD Environment Working Papers*, nº. 169, OECD Publishing, Paris, 2021. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/policy-scenarios-for-a-transition-to-a-more-resource-efficient-and-circular-economy_c1f3c8d0-en. Acesso em 09 Set, 2021.
- BOER, J. M.; MARTIN, K. Van. *Circularity in agricultural production*. Wageningen University & Research: 2018.
- COLLIS, Jil.; HUSSEY, Roger. *Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- EL JANATI, Mustapha et al. Benefits of Circular Agriculture for Cropping Systems and Soil Fertility in Oases. *Sustainability*, v. 13, n. 9, p. 4713, 2021
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION- EMF. *Delivering the Circular Economy: A toolkit for policymakers*. 2015 https://www.managementimpact.nl/content/uploads/sites/sigma/2016/02/Delivering_the_circular_economy_A_toolkit_for_policymakers.pdf Acesso em: 20 Jul 2022.
- FAN, Weiguo et al. Is it true that the longer the extended industrial chain, the better the circular agriculture? A case study of circular agriculture industry company in Fuqing, Fujian. *Journal of Cleaner Production*, v. 189, p. 718-728, 2018.
- FRANZLUEBBERS, Alan J. et al. Toward agricultural sustainability through integrated crop-livestock systems: Environmental outcomes. *Agric, Ecosyst & Environ*, v. 190, p. 1-3, 2014.
- GARRETT, Rachael D. et al. Policies for reintegrating crop and livestock systems: a comparative analysis. *Sustainability*, v. 9, n. 3, p. 473, 2017.
- HANG, Sheng et al. An Optimization Scheme of Balancing GHG Emission and Income in Circular Agriculture System. *Sustainability*, v. 13, n. 13, p. 7154, 2021.
- HILIMIRE, Kathleen. Integrated crop/livestock agriculture in the United States: A review. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 35, n. 4, p. 376-393, 2011.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA- IMEA. Agronegócio no Brasil e em mato Grosso. Disponível em: https://bucket-xiruxerno-2.s3.sa-east-1.amazonaws.com/5/696275888694231040/1284629834766426112-.pdf?X-Amz-Expires=432000&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIOZVUSV4HGV74RLA/20220901/sa-east-1/s3/aws4_request&X-Amz-Date=20220901T190412Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=6d58b0d1a6f246b60f67e68eb42e3548524ee78be2291b19761f660ae2439da2
Acesso em 01 Set. 2022.

LI, Biao et al. Evaluation of China's Circular Agriculture Performance and Analysis of the Driving Factors. *Sustainability*, v. 13, n. 4, p. 1643, 2021

MACARTHUR, Ellen et al. Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. *Journal of Industrial Ecology*, v. 2, p. 23-44, 2013.

PARAMESH, Venkatesh et al. Ecosystem network analysis in a smallholder integrated crop–livestock system for coastal lowland situation in tropical humid conditions of India. *Sustainability*, v. 12, n. 12, p. 5017, 2020.

REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter JV; WITJES, Sjors. The circular economy: new or refurbished as CE 3.0?—exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018.

RYSCHAWY, Julie et al. Participative assessment of innovative technical scenarios for enhancing sustainability of French mixed crop-livestock farms. *Agricultural systems*, v. 129, p. 1-8, 2014.

SCHOOFF, Nicolas et al. Sheep in the Vineyard: First Insights into a New Integrated Crop–Livestock System in Central Europe. *Sustainability*, v. 13, n. 22, p. 12340, 2021.

SONE, Jullian Souza et al. Effects of long-term crop-livestock-forestry systems on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado site. *Sustainability*, v. 11, n. 19, p. 5339, 2019.

TRENDOV, Nikola M. Index of circular agriculture development in the Republic of Macedonia. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, v. 6, n. 1, p. 35-38, 2017.

VARELLA, Walter Augusto. *Arquitetura de serviços integrada para promover a economia circular na Agricultura 4.0*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, p. 144. 2022.

VELASCO-MUÑOZ, Juan F. et al. Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 170, p. 105618, 2021.

VIEIRA, Marcelo. M. Falcão. Por uma boa pesquisa qualitativa. In: VIEIRA, Marcelo. M. Falcão; Deborah Moraes, ZOUAIN (Org). *Pesquisa qualitativa em Administração* (pp. 13-28). Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004.

WAGENIGEN UNIVERSITY RESEARCH. *Agricultura circular: uma nova perspectiva para a agricultura holandesa*. 2018. Disponível em: <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Circular-agriculture-a-new-perspective-for-Dutch-agriculture-1.htm>. Acesso em 25 Abr. 2022.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: edições, 70, 2004.

YUE, Qiong et al. Towards sustainable circular agriculture: An integrated optimization framework for crop-livestock-biogas-crop recycling system management under uncertainty. *Agricultural Systems*, v. 196, p. 103347, 2022.

ZHU, Qin; JIA, Renan; LIN, Xiaohua. Building sustainable circular agriculture in China: economic viability and entrepreneurship. *Management Decision*, 2019.