ÁREA TEMÁTICA: Gestão de Cadeias Agroindustriais.

TÍTULO DO ARTIGO Fatores determinantes para a adoção de tecnologia de pós-colheita de grãos no Brasil por parte dos produtores rurais.

Nome do(a) autor(a) Rodrigo de Oliveira Goulart
Nome do(a) orientador(a) Daniel Franco Goulart

RESUMO
A tecnologia de pós-colheita desempenha um papel fundamental no apoio às ações de redução da perda e desperdício de alimentos nas cadeias de abastecimento agrícola e pecuário. Sendo uma questão global expressa pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, a perda e o desperdício de alimentos na fase pós-colheita das cadeias de abastecimento alimentar prejudicam a segurança alimentar dos países em desenvolvimento. Uma forma de diminuir as perdas de alimentos nos seu processo seria com o aumento da adoção de tecnologia pós-colheita. Portanto, o objetivo deste artigo é identificar os preditores que orientam a decisão dos agricultores sobre a adoção de tecnologia pós-colheita. Depois disso, eles serão agrupados em sete categorias e discutidos os fundamentos de cada uma.

Palavras-chaves:
Tecnologia pós-colheita;
Tecnologia agrícola;
Adoção de tecnologia;
Sustentabilidade;
Agricultura.

ABSTRACT
Post-harvest technology plays a key role in supporting actions to reduce food loss and waste in agricultural and livestock supply chains. As a global issue expressed by the United Nations Sustainable Development Goals, post-harvest food loss and waste in food supply chains undermines food security in developing countries. A way to reduce food losses would be with the increased adoption of post-harvest technology. Therefore, the objective of this article is to identify the predictors that guide farmers' decision about the adoption of post-harvest technology. After that, they will be grouped into seven categories and discussed the basics of each.

Keywords:
Post-harvest technology;
Agricultural technology;
Technology adoption;
Sustainability;
Agriculture.

1. INTRODUÇÃO

A desnutrição é um problema mundial que nos afeta há muito tempo e que piorou drasticamente após a pandemia da COVID-19 (FAO, 2021). A produção agrícola e pecuária é crucial para satisfazer a procura mundial de alimentos. No entanto, a produção agrícola enfrenta vários desafios que podem prejudicar a sua capacidade de abastecer a crescente população global (CEPAL, FAO e IICA, 2021). Entre os desafios, o desperdício alimentício em todas as cadeias está entre os maiores problemas (Affognon et al., 2015; FAO, 2017).

A Organização das Nações Unidas (ONU) expôs a sua preocupação com o desperdício alimentar ao estabelecer o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 (ODS #12): garantir o consumo e a produção responsáveis (Nações Unidas, 2020, 2021).

O ODS nº 12 abrange oito metas. A meta 12.3 do ODS é definida da seguinte forma: "até 2030, reduzir para metade o desperdício alimentar global per capita a nível do retalho e do consumidor e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita".

A meta 12.3 do ODS destaca a importância de ações para a redução das perdas pós-colheita. Na verdade, a perda pós-colheita (*post-harvest losses*, PHL) é uma questão crítica nas discussões sobre desperdício de alimentos (Minten et al., 2021). O PHL afeta as reservas e, portanto, a segurança alimentar (FIDA e PNUMA, 2013). Além disso, o PHL tem o potencial de prejudicar o meio ambiente (Bustos e Moors, 2018) e os pequenos produtores (CERES, 2023). Ao longo das fases de operações pós-colheita, armazenamento e transporte da cadeia de abastecimento alimentar, o PHL pode variar de 2% a 22%, dependendo do produto e da região (FAO, 2019).

As perdas antes, durante e depois da colheita são normalmente observadas devido às condições climáticas, qualidade das sementes, variedade de culturas e práticas de cultivo, infestações por pragas e infestações por doenças (FAO, 2019). As questões relacionadas com as fases pós-colheita da cadeia de abastecimento alimentar também são relevantes do ponto de vista da estabilidade dos preços dos alimentos (FIDA e PNUMA, 2013). Uma vez que a perda de alimentos nas cadeias de abastecimento alimentar aumenta, a disponibilidade de alimentos tende a ser reduzida. O impacto imediato da procura crescente é a inflação dos preços dos alimentos, e os mais pobres são os mais afectados pelo aumento dos preços dos alimentos (FAO, FIDA, UNICEF, PAM, & OMS, 2020).

As cadeias de abastecimento agroalimentar compreendem um conjunto de atores e atividades que trabalham em conjunto para acrescentar valor à produção agrícola e pecuária desde a exploração agrícola até aos clientes finais (Batalha, 2021). Essas atividades podem ser agrupadas em três grandes etapas: pré-produção, produção e pós-produção. A etapa de pré-produção compreende todas as atividades relacionadas ao preparo para a muda, como compra de insumos agrícolas e fertilização, correção e preparo do solo. A etapa de produção vai desde a muda até o preparo da colheita. A fase de pós-produção abrange as atividades desde a colheita até à venda dos produtos agroalimentares acabados aos clientes finais.

A cadeia pós-colheita envolve uma série de atividades interligadas desde a colheita, venda de animais vivos na porta da fazenda, ovos coletados na porta da fazenda, leite na fase imediatamente pós-ordenha, ou captura de peixe, até a entrega do alimento ao consumidor (Sugri et al., 2021, p. 1). Embora todas as cadeias de abastecimento sofram de má gestão pós-colheita, são os pequenos agricultores dos

países em desenvolvimento os mais impactados (Chegere, 2018; FIDA, 2021). Para eles, os recursos escassos ficam ainda mais escassos à medida que é maior o desperdício de alimentos provenientes das atividades pós-colheita.

O fomento à adoção de tecnologias de pós-colheita são vitais para endereçar a questão da perda de alimentos nas cadeias de abastecimento. A literatura traz duas abordagens principais sobre esse assunto. Um deles enfatiza os benefícios da adoção de determinado tipo de tecnologia pós-colheita do ponto de vista técnico ou econômico (Chikez et al., 2021; Darré et al., 2022; Mujuka et al., 2019; Nguyen-Van-Hung et al., 2022; Tesfaye e Tirivayi, 2018). A outra abordagem importante vista na literatura está relacionada aos fatores que determinam a adoção de tecnologia pós-colheita. Nessa direção, os estudiosos procuram definir quais são os fatores que influenciam a adoção desse tipo de tecnologia entre os atores da cadeia de suprimentos.

Esta introdução situa a relevância da adoção de tecnologia pós-colheita, principalmente do ponto de vista da segurança alimentar. Neste estudo, o presente estudo tem por objetivo identificar as variáveis que afetam o processo de tomada de decisão sobre o investimento em uma unidade de armazenagem de grãos por parte do produtor rural.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As operações pós-colheita abrangem uma série de atividades de valor acrescentado nas cadeias de abastecimento agroalimentar (FAO, 2017). Essas atividades podem ser sistematicamente denominadas como colheita, debulha, secagem, armazenamento, processamento/moagem e transporte. Parfitt et al.(2010) argumenta que a estrutura das operações pós-colheita nas cadeias de abastecimento alimentar varia de acordo com o nível de desenvolvimento do país.

Parfitt et al. (2010) afirmam que as operações pós-colheita dos países em desenvolvimento são marcadas por sistemas tradicionais. Baseiam-se em tecnologias simples apoiadas por atividades intensivas em mão-de-obra e por sistemas de armazenamento tradicionais. As cadeias de abastecimento alimentar nestes países são muito curtas. Portanto, a produção agrícola é maioritariamente produzida e consumida localmente ou na região onde a produção ocorre.

Para Parfitt et al. (2010), os países em transição têm operações pós-colheita baseadas em sistemas intermediários. São marcados pela presença de centros de embalagem e instalações de armazenamento com algum nível de sistemas de refrigeração, juntamente com elementos dos sistemas tradicionais de pós-colheita observados nos países em desenvolvimento. As cadeias de abastecimento alimentar nestes países são mais completas, mais longas e mais integradas do que nos países em desenvolvimento.

Já nos países desenvolvidos, as operações pós-colheita são baseadas em sistemas industrializados. Parfitt et al. (2010) afirmam que estes países são marcados pela presença de tecnologias sofisticadas, como equipamentos de embalagem e cadeias de frio. As cadeias de abastecimento alimentar nestes países estão altamente integradas entre os produtores e a cadeia de abastecimento.

Estudos teórico-empíricos disponíveis na literatura em administração de empresas e economia se propõem a discutir as variáveis que influenciam os empreendedores e empresas a adotarem novas tecnologias. Da mesma forma, há na literatura trabalhos que se propõem a discutir os fatores que influenciam os produtores rurais a adotarem tecnologias de produção e/ou de pós-colheita. A revisão da literatura visando a identificação destas variáveis é parte fundamental do desenvolvimento

deste estudo.

Chegere (2018) destaca a importância das tecnologias de pós-colheita para a garantia da segurança alimentar e da renda do homem do campo. Dentre as tecnologias de pós-colheita existentes, Bokusheva et al. (2012) e Tesfaye e Tirivayi (2018) destacam o papel dos equipamentos de armazenagem, ressaltando sua importância para a segurança alimentar e para o bem estar dos produtores rurais, assim como sugere Chegere (2018). De fato, estruturas de armazenagem constituem-se em elemento da agenda da disponibilidade de alimentos no mundo.

3. MATERIAIS E METÓDOS

Esta artigo foi estruturado a partir da revisão sistemática da literatura (RSL) desenvolvida no projeto de pesquisa guarda-chuva sob o qual o estudo de iniciação científica foi desenvolvido. A RSL enfocou no levantamento dos artigos publicados na temática da adoção de tecnologia pós-colheita pelos agricultores nas bases de dados Scopus e Web of Science. A etapa de seleção dos artigos levantados na RSL foi realizada em etapa anterior ao início do projeto de iniciação científica, restando, para este estudo, a leitura dos artigos selecionados (etapa 1) e análise de conteúdo e elaboração do relatório (etapa 2). A etapa 1 ocorreu entre setembro de 2023 e fevereiro de 2024 e etapa 2 ocorreu em março a junho de 2024.

3.1. Etapa 1: Leitura dos artigos selecionados e análise de conteúdo

Este artigo sistematiza os achados e teorias sobre a adoção de tecnologias pós-colheita. É percepitível a falta de manuscritos que sistematizem o conhecimento sobre a adoção de tecnologia nas operações pós-colheita. Como resultado disso, não se encontra nenhum referencial teórico estruturado que sustente os estudos sobre o tema em específico, apesar de serem encontrados frameworks teóricos bem estruturados sobre adoção de tecnologia de forma geral e sobre adoção de tecnologia na agricultura. Embora a falta de um enquadramento teórico geral não signifique que os estudos publicados sejam menos importantes, torna-se mais difícil compreender o estado da arte nesta área. Uma vez existente um quadro teórico geral sobre a adoção de tecnologia pós-colheita pelos agricultores, a comunidade científica pode, através de testes empíricos, melhorar, contestar ou mesmo propor um modelo totalmente novo.

Alguns artigos estabeleceram como objetivo principal os impactos da adoção de tecnologia sobre uma determinada parte interessada (principalmente agricultores), com alguma discussão secundária sobre os direcinadores que levam os agricultores a adotarem tecnologias pós-colheita. Outros tinham como objetivo principal a eficácia do ponto de vista operacional, econômico, de sustentabilidade ou social de uma determinada tecnologia pós-colheita. Em comum, todos eles trouxeram dados, metodologia e avaliação consistentes sobre as forças motrizes que influenciam o processo de tomada de decisão de adoção de tecnologia pós-colheita dos agricultores.

3.2. Etapa 2: Análise de conteúdo e elaboração do relatório.

A análise de conteúdo foi dividida em duas sub-ações: estudos de teorias sobre adoção de tecnologia no agricultura e estudos de tecnologia de pós-colheita,

entendendo-se como funciona as cadeias agroindustriais e os desafios logísticos sobre o agronegócio brasileiro. Procurou-se identificar se os artigos analisados traziam indicações claras de fatores que determinam a adoção de tecnologias pós-colheita.

4. RESULTADOS

Existe um conjunto relevante de conhecimentos sobre a adoção de tecnologia. Como os decisores na indústria agrícola são tipicamente famílias individuais, é do interesse dos estudiosos compreender as questões comportamentais que orientam as decisões dos agricultores (Feder e O'Mara, 1981). Feder et al. (1985) apontam oito fatores que influenciam o processo de tomada de decisão dos agricultores: tamanho da propriedade, risco e incerteza, capital humano, disponibilidade de mão-deobra, restrições de crédito, posse da terra, restrições de oferta e adopção agregada ao longo do tempo.

Em relação à literatura sobre adoção de tecnologia pós-colheita, identificou-se alguns preditores que influenciam o processo de tomada de decisão dos agricultores. Esse preditores são: características do agricultor, características da fazenda, características do mercado, características organizacionais, características geográficas, acesso à informação e custo da tecnologia e tecnologia.

4.1. Características do agricultor

Foram agrupados nesta categoria os seguintes preditores: faixa etária do agricultor, experiência agrícola, anos de escolaridade, gênero e propriedade de bens. A idade do agricultor é relatada como uma variável importante que influencia a adoção de tecnologia pós-colheita pelos agricultores. No entanto, o conjunto de estudos diverge quanto à direção do efeito. Luo et al. (2022), Matavel et al. (2022), Alemu et al. (2021), Mishra e Satapathy (2021) e Ndiritu e Ruhinduka (2019) apontam efeito positivo da variável independente sobre a variável dependente. Por outro lado, Gachango et al. (2014), Mwebaze e Mugisha (2011), Parvathy et al. (1999), Ruhinduka et al. (2020) e Subert et al. (2018) notam um efeito negativo proveniente da idade dos agricultores.

O efeito da idade na adoção de tecnologia é divergente (Brown et al., 2019). O efeito negativo da idade na adoção da tecnologia está relacionado à experiência do indivíduo (Carrer et al., 2020). Agricultores mais experientes tendem a ser contra ao risco e, com isso, são menos prováveis a adotar novas tecnologias (Perosa et al., 2021; Tanaka et al., 2010). Por outro lado, Picazo-Tadeo e Wall (2011) relatam um efeito não linear da idade na aversão ao risco, primeiro aumentando com a idade e, depois, diminuindo. Como possível explicação, segundo os autores, é que o aumento da experiência tende a reduzir a aversão ao risco.

Foi verificado também que a experiência agrícola é outro efeito negativo para a adoção de tecnologia pós-colheita, realçando os argumentos de que os agricultores com mais idade tendem a optar por correr menos riscos. Alemu et al. (2021) argumentam que agricultores que possuem uma experiência agrícola maior fazem um estudo a mais do custo-benefício para adotarem a tecnologia de pós-colheita, fazendo recusar a adoção e, assim, o risco ao investimento**.** Amaza et al. (2016) argumentam que os agricultores mais velhos operam para a subsistência e depois não sentem a necessidade da adopção de novas tecnologias pós-colheita como os agricultores mais jovens e orientados para os negócios.

Por outro lado, Muthukumar et al. (2020) argumentam que a experiência agrícola contribui para que os agricultores se familiarizem com as tecnologias, contribuindo, portanto, para a adoção.

A maioria dos estudos confirma empiricamente o efeito positivo de níveis mais elevados de educação com um aumento na adoção de tecnologia pós-colheita. Este resultado é esperado na maioria dos casos, pois a educação aumenta a capacidade dos agricultores de avaliar, interpretar e processar informações sobre novas tecnologias (Amaza et al., 2016; Conteh et al., 2015; Tho et al., 2021). Estes resultados corroboram o argumento de que a formação de capital humano facilita a adoção de novas tecnologias (Schiopu, 2015).

A idade e a educação podem desempenhar papéis diferentes na adoção da tecnologia. Embora os agricultores mais velhos possam ser menos propensos a adotar novas tecnologias (Perosa et al., 2021; Tanaka et al., 2010), uma vez que a sua experiência mostra que o resultado de uma determinada tecnologia é inferior aos custos de aquisição dessa tecnologia, os agricultores mais velhos em países que melhoraram a distribuição e a qualidade dos serviços educacionais poderiam apresentar níveis mais elevados de educação e, neste caso, estariam mais bem preparados para extrair o melhor das tecnologias.

A exceção encontrada foi Luo et al. (2020), que relataram um efeito negativo dos anos de escolaridade na adoção de silos metálicos na China. Embora não seja comum, alguns autores relataram um efeito insignificante ou negativo da educação na taxa de adoção de tecnologia (Feyissa et al., 2023). Wekesa et al. (2018), por exemplo, argumentam que agricultores mais instruídos podem recusar uma determinada tecnologia por não perceberem uma relação risco-benefício vantajosa.

O gênero é uma variável independente importante que influencia a decisão dos agricultores de adoptar tecnologia pós-colheita. Existem evidências empíricas de um efeito positivo de ser homem na adoção de tecnologia pós-colheita (Martey et al., 2020; Mekonen e Wubetie, 2021; Mishra e Satapathy, 2021). Argumenta-se que as mulheres rurais estão sujeitas a acesso e controle limitados sobre os recursos produtivos e o capital (Martey et al., 2020; Mekonen e Wubetie, 2021). Entre os fatores que contribuem para esta situação está a reduzida capacidade financeira das mulheres em comparação com os homens (Fletschner, 2008, 2009).

A propriedade de ativos é um fator importante que impulsiona a disponibilidade de crédito, pois é um indicador da disponibilidade de garantias. Há evidências empíricas de que indicadores de riqueza, como o tamanho das terras agrícolas ou a escala de produção, têm um efeito positivo sobre a adoção de tecnologia (Perosa et al., 2021). Os agricultores mais ricos têm mais acesso ao crédito (Feder et al., 1985), aumentando a sua disponibilidade de dinheiro (Feder, 1980) para fazer face ao pesado capital de giro.

Por outro lado, os pequenos agricultores tendem a enfrentar dificuldades na adoção de uma nova tecnologia pós-colheita e de outras tecnologias, pois seu poder financeiro é baixo, entre outros, pela falta de garantias de sucesso para apoiar uma operação de crédito (Steffens et al., 2020; Senyolo et al., 2021).

4.2. Características da exploração agrícola

Nessa categoria estão seprados os preditores por: tamanho do agregado familiar, tamanho da terra agrícola e quantidade de produção. A variável tamanho do domicílio, medida como a quantidade de pessoas que compõem a família do agricultor (Conteh et al., 2015), tem uma grande interferência para a decisão do agricultor sobre

adotar a tecnologia pós-colheita. O tamanho do agregado familiar é visto como um indicador do trabalho familiar (Mwebaze e Mugisha, 2011). O efeito, porém, varia de acordo com o contexto em que a evidência empírica foi obtida.

Conteh et al. (2015), Bachewe et al. (2020) e Mwebaze e Mugisha (2011) argumentam que a produção agrícola está correlacionada com o número de pessoas no agregado familiar. Conteh et al. (2015) defendem que famílias maiores produzem mais grãos e, assim, necessitam de tecnologias de armazenamento eficientes tanto para vendas posteriores como para consumo interno. Bachewe et al. (2020) argumentam que as famílias maiores exigem mais alimentos para autoconsumo e mais mão-de-obra para gerir os produtos agrícolas armazenados.

Por outro lado, também foram encontrados estudos empíricos que mostram um efeito negativo do tamanho do agregado familiar na adopção de tecnologia pós-colheita (Ndiritu e Ruhinduka, 2019; Ruhinduka et al., 2020). A explicação para este resultado varia. Alguns argumentam que as famílias maiores são relativamente mais pobres, o que implica que as famílias mais pequenas estão melhor posicionadas do ponto de vista financeiro para adoptar tecnologias pós-colheita (Ndiritu e Ruhinduka, 2019). Outros argumentam que uma maior disponibilidade de adultos do sexo masculino na família reduz a probabilidade de adoção de tecnologia agrícola, uma vez que aumenta as possibilidades de outras oportunidades de obtenção de rendimento (Kaliba et al., 1997).

A disponibilidade de mão-de-obra é considerada um indicador relevante da adopção de tecnologia agrícola. Embora a adopção de tecnologias que poupam mão-de-obra seja mais provável em famílias maiores como resultado da escassez de mão-de-obra, observa-se um efeito negativo do tamanho das famílias na adoção de tecnologias que utilizam mão-de-obra (Feder et al., 1985).

Em última análise, os custos de oportunidade do trabalho implementado através da utilização de uma determinada tecnologia determinarão a sua adoção (Lee, 2005). O tamanho das terras agrícolas, medido como a área total dedicada ao cultivo, é um dos fatores mais importantes que influenciam a adoção de tecnologia agrícola (Feder et al., 1985). Os grandes agricultores beneficiam de um acesso mais fácil ao crédito, de preços preferenciais e de uma maior capacidade de obter economias de escala, o que os torna mais propensos a adoptar tecnologias agrícolas (Feder e O'Mara, 1981).

4.3. Características do mercado

Miller e Tolley (1989) argumentam que a adoção de tecnologia agrícola tende a ser estimulada quando os preços da produção aumentam devido a melhorias na rentabilidade. Feder et al. (1985) argumentam que o preço da produção é um elemento-chave da atividade agrícola, embora traga consigo uma certa dose de incerteza. Feder (1980) defende que o fornecimento de melhores informações pode reduzir a incerteza dos agricultores quanto ao resultado a ser alcançado com a adoção de uma determinada tecnologia, tornando-os mais propensos a adotar e colher os benefícios. A perspectiva de obter preços mais elevados fora da época incentiva os agricultores a adotarem tecnologias pós-colheita (Bachewe et al., 2020; Baributsa e Njoroge, 2020; Reardon et al., 2019). Bachewe et al. (2020) explicam que preços mais elevados fora de época resultam em maiores retornos sobre o investimento no armazenamento de grãos, enquanto o armazenamento de produtos é uma decisão de investimento. Portanto, as expectativas dos agricultores relativamente ao comportamento dos preços da produção afetam as decisões de adoção de tecnologia

pós-colheita.

A disponibilidade de crédito fornece aos agricultores a liquidez necessária para enfrentar os custos iniciais de investimento (Benimana et al., 2021). A oferta de crédito para investimento nos ambientes do agronegócio varia de acordo com o país e o ambiente institucional. Regras claras relativas à formalização de contratos, formalização de garantias e execução de contratos e garantias determinarão o nível de disponibilidade de crédito em cada mercado agrícola.

4.4. Características organizacionais

A adesão a um grupo ou cooperativa de agricultores parece desempenhar um papel importante nas decisões de adopção de tecnologia pós-colheita. Contudo, o efeito desta variável varia de acordo com o cenário empírico. Alemu et al. (2021), Benimana et al. (2021), Mishra e Satapatia (2021), Pereira et al. (2010), Steffens et al. (2020), Tho et al. (2021) e Zhang et al. (2020) observaram efeito positivo da variável adesão na adoção de tecnologia pós-colheita. Sobre a adoção de tecnologias pós-colheita de milho e milheto pelos agricultores tanzanianos, Steffens et al. (2020) argumentam que ser membro de uma organização relacionada com a agricultura reduz as incertezas que rodeiam esta decisão.

Argumento semelhante é apresentado por Mwebaze e Mugisha (2011) nos produtores de milho no cenário do Uganda. Levando em consideração uma forma de adoção de tecnologia pós-colheita de três níveis nos ambientes de produção de café brasileiro, Pereira et al. (2010) defendem que a adesão a uma associação de produtores aumenta a probabilidade de níveis mais elevados de tecnologia.

Por outro lado, Gachango et al. (2014) e Luo et al. (2022) encontraram um efeito negativo da filiação a um grupo ou cooperativa de agricultores na variável dependente. Gachango et al. (2014) explica que o setor cooperativo leiteiro queniano enfrentou tempos difíceis nos anos anteriores, fazendo com que vários agricultores perdessem os seus investimentos e confiança neste sistema, uma vez que a maioria das cooperativas do país entrou em colapso nos anos anteriores. Segundo os autores, isso pode explicar o resultado obtido. Luo et al. (2022) explicam que os membros de cooperativas agrícolas na China são treinados em diversas práticas pós-colheita visando reduzir perdas, diminuindo, então, sua necessidade de investir em armazenamento. Além disso, os autores argumentam que os membros das cooperativas agrícolas estão mais dispostos a vender os seus cereais logo após a colheita do que a armazenálos.

Por outro lado, Gachango et al. (2014) e Luo et al. (2022) encontraram um efeito negativo da filiação a um grupo ou cooperativa de agricultores na variável dependente. Gachango et al. (2014) explica que o sector cooperativo leiteiro queniano enfrentou tempos difíceis nos anos anteriores, fazendo com que vários agricultores perdessem os seus investimentos e confiança neste sistema, uma vez que a maioria das cooperativas do país entrou em colapso nos anos anteriores. Segundo os autores, isso pode explicar o resultado obtido. Luo et al. (2022) explicam que os membros de cooperativas agrícolas na China são treinados em diversas práticas pós-colheita visando reduzir perdas, diminuindo, então, sua necessidade de investir em armazenamento. Além disso, os autores argumentam que os membros das cooperativas agrícolas estão mais dispostos a vender os seus cereais logo após a colheita do que a armazená-los.

4.5. Características geográficas

Os preditores de localização de terras agrícolas e distância até o mercado foram colocados na categoria características geográficas. A localização das terras agrícolas desempenha um papel importante na determinação da adoção de tecnologia pós-colheita pelos agricultores em determinadas circunstâncias. Rabé et al. (2021), discutindo a adoção do Sistema Melhorado de Armazenamento de Culturas da Uiniversidade de Purdue (*Purdue Improved Crop Storage* - PICS) por agricultores de feijão nhemba em diferentes regiões do Níger, argumentam que as diferenças em termos de esforços de extensão e a robustez da cadeia de abastecimento (reverberando na maior disponibilidade de tecnologia) entre os locais produtores pesquisados tem efeito relevante na adoção de tecnologia pós-colheita. Da mesma forma, Steffens et al. (2020), discutindo a adoção de tecnologia pós-colheita entre agricultores tanzanianos, argumentam que regiões marcadas por maior produtividade desencadeiam mais rentabilidade e melhores ofertas, aumentando, portanto, a probabilidade de adoção.

A distância das terras agrícolas aos principais mercados também é considerada relevante para a adoção de tecnologia pós-colheita. Porém, o sentido do efeito não encontra consenso. Steffens et al. (2020) aponta o efeito relevante da facilidade de acesso ao mercado na adoção de tecnologia pós-colheita. Eles argumentam que quanto mais próximas as terras agrícolas estiverem das estradas principais ou dos locais de compra, mais os agricultores se beneficiam das instalações de transporte, aumentando a probabilidade de adoção.

Amaza et al. (2016), em seu estudo sobre a adoção de tecnologia pós-colheita pelos produtores de mandioca na Tanzânia, encontraram resultados semelhantes aos de Steffens et al. (2020). Argumentam que as longas distâncias entre as explorações agrícolas e os locais de compra resultam em maiores custos logísticos e, portanto, em margens mais estreitas. Como o investimento em tecnologia pós-colheita, neste caso, não agrega valor ao produto, os agricultores ficam menos propensos a investir quando estão mais distantes dos mercados.

Por outro lado, Zhang et al. (2020), em sua pesquisa sobre agricultores chineses da província de Sichuan, observaram empiricamente que a propensão para investir em tecnologias pós-colheita está positivamente correlacionada com a distância até os mercados compradores. Os autores argumentam que os agricultores em áreas remotas precisam de investir em tecnologias que promovam a eficiência e a rentabilidade, uma vez que têm menos opções de rendimento fora da agricultura.

4.6. Acesso à informação.

Foram agrupados a formação, o acesso à informação e a eficácia dos serviços de extensão na categoria acesso à informação. O acesso à informação é, de fato, uma variável clássica que influencia a adoção de tecnologia em ambientes agrícolas. Feder et al. (1985, p. 274) afirmam que “as escolhas tecnológicas dos agricultores baseiam-se nas suas probabilidades subjetivas e, portanto, na sua exposição à informação relativa às novas tecnologias”. Fornecer aos agricultores informações apropriadas de vários canais reduz a incerteza relacionada com os resultados das tecnologias, aumentando a consciencialização e, portanto, a adoção (Feder e O'Mara, 1981; Lee, 2005).

A prestação de serviços de extensão é um importante veículo de informação. Os serviços de extensão têm o potencial de criar consciência sobre a existência de

uma determinada tecnologia (Baributsa et al., 2014). Estes serviços ajudam os agricultores, fornecendo informações que podem reduzir a percepção de risco e incerteza relacionada com o resultado da tecnologia que está a ser adotada.

Além disso, a intensidade da adoção de tecnologia agrícola é influenciada pelos esforços de extensão. Estudos empíricos mostram o efeito positivo dos serviços de extensão e da adoção de tecnologias de irrigação (Koundouri et al., 2006), fertilizantes químicos (Emmanuel et al., 2016) e tecnologias climaticamente inteligentes (Tanti et al., 2022). Na adoção de tecnologia pós-colheita, a ligação entre serviços de extensão, disponibilidade de informação e adoção efetiva é evidente (Mishra e Satapathy, 2021; Muthukumar et al., 2020; Mwebaze e Mugisha, 2011; Ndiritu e Ruhinduka, 2019).

Treinamento é outro vetor importante de adoção de tecnologia pós-colheita, que pode ser fornecida por agentes de extensão ou fornecedores de tecnologia. Baributsa e Njoroge (2020), discutindo a adoção de tecnologias de armazenamento hermético por pequenos agricultores quenianos, argumentam que o treinamento facilitou a disseminação de informações sobre a tecnologia, aumentando o conhecimento sobre os atributos e funcionalidades da tecnologia. Segundo os autores, o treinamento era ministrado pelos concessionários e extensionistas.

Benimana et al. (2021), avaliando a adoção de tecnologias alternativas de armazenamento de milho pelos agricultores de Ruanda, argumentam que os serviços de extensão e a formação melhoraram o capital social dos agricultores devido à informação de alta qualidade. Bokusheva et al. (2012), discutindo a adoção de silos metálicos pelos agricultores da América Central, explicam que a formação é fundamental para informar os agricultores sobre as novas tecnologias disponíveis e as vantagens da adoção. Bello-Bravo et al. (2020); Mekonen e Wubetie (2021); Mwebaze e Mugisha (2011); Parvathy et al. (1999); Pereira et al. (2010); Rabé et al. (2021); e Tho et al. (2021) também endossam o papel da formação para a adoção de tecnologia pós-colheita em vários contextos.

4.7. Custo da tecnologia

O custo da tecnologia desempenha um papel fundamental na determinação da decisão dos agricultores quanto à adoção de uma determinada tecnologia. Os esforços dos agricultores para a adoção de uma tecnologia agrícola dependerá, em última análise, da sua percepção de risco (Just e Zilberman, 1983) que, por sua vez, diz respeito ao resultado esperado versus os custos iniciais e operacionais da tecnologia.

As preocupações sobre os resultados que podem ser gerados a partir do investimento numa determinada tecnologia podem ser atenuadas pelo acesso à informação e aos serviços de extensão. Os fornecedores de tecnologia desempenham um papel fundamental ao oferecer informações claras e perspicazes sobre como as suas tecnologias serão reembolsadas e como devem ser tratadas para proporcionar o melhor desempenho. Por outro lado, os serviços de extensão são cruciais para fornecer a gama de tecnologias disponíveis para lidar com uma determinada questão ou actividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo identificar as variáveis que afetam o processo de tomada de decisão sobre o investimento em uma unidade de armazenagem de grãos por parte do produtor rural. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da

literatura seguida da leitura detalhada dos artigos selecionados.

Ter uma visão sistemática dos fatores que influenciam a adoção da tecnologia pós-colheita pode ser valioso para algumas partes interessadas. Para os estudiosos, as sete categorias de preditores constituem uma estrutura conceitual sujeita a testes empíricos.

Existem oportunidades para testar e melhorar o modelo através da implementação de pesquisas sobre os direcionadores da adoção de tecnologia na América Latina, onde se encontra uma produção agrícola relevante, por um lado, e enormes desafios na adoção de tecnologia pós-colheita, por outro.

Outro caminho importante para futuras investigações é compreender o papel da idade do agricultor, da experiência agrícola e da filiação num grupo ou cooperativa de agricultores para a adoção de tecnologia. Os resultados disponíveis na literatura são divergentes dependendo do tipo de tecnologia em discussão, das configurações regionais e das características do agricultor. Uma contribuição importante seria definir em que circunstâncias (em termos de região, características pessoais, características tecnológicas, entre outras) a idade do agricultor, a experiência do agricultor e a participação em um grupo ou cooperativa de agricultores teriam um efeito positivo e quando representariam um efeito negativo sobre a adoção de tecnologia.

Para os profissionais, ter uma compreensão teórica sobre como ocorre a adoção da tecnologia pós-colheita pelos agricultores pode ajudá-los a estabelecer uma estratégia eficaz de introdução de tecnologia em vários contextos. A importância do acesso ao crédito e ao acesso à informação é fundamental para os fornecedores de tecnologia. Devem ser pensadas estratégias para melhorar o acesso à informação sobre o uso das tecnologias, mitigando as preocupações relacionadas ao resultado da tecnologia. Por outro lado, os fornecedores de tecnologia devem empenhar-se em fornecer informações e até apoiar os agricultores sobre como aceder às facilidades de crédito disponíveis nas suas regiões.

Para os decisores políticos, compreender os factores que impulsionam a adopção de tecnologia pós-colheita pelos agricultores pode, em última análise, subsidiar políticas públicas eficientes em direcção à meta 12.3 dos ODS. Além disso, os decisores políticos devem notar a importância dos serviços de extensão para promover o envolvimento dos agricultores na adoção de tecnologias pós-colheita. Como acesso à informação, os serviços de extensão desempenham um papel fundamental na informação dos agricultores sobre a melhor utilização das tecnologias, resultando em melhores resultados.

Apoiados nas teorias clássicas de adoção de tecnologia, argumentamos que tanto os profissionais (ou seja, os fornecedores de tecnologia) como os decisores políticos devem implementar ações no sentido de reduzir a aversão ao risco (Feder, 1980) ou melhorar a expectativa de desempenho (Venkatesh et al., 2003). que vem das dúvidas que o agricultor tem em relação aos benefícios que seriam arrecadados a partir da adoção de uma determinada tecnologia. A melhoria da formação (através de serviços públicos de extensão ou serviços privados de assistência técnica) reduz a falta de informação e promove a adoção de tecnologias a curto e médio prazo.

Embora este estudo traga uma sistematização útil sobre os preditores de adoção de tecnologia pós-colheita presentes na literatura, ele se limita em sua capacidade de generalizar o tamanho do efeito de cada preditor sobre a variável dependente. Essa limitação é uma oportunidade para futuras pesquisas empíricas.

REFERÊNCIAS

FAO, 2021. **Alimentação e agricultura mundial: anuário estatístico 2021**. Roma. https://doi.org/10.4060/cb4477en.

CEPAL, FAO e IICA, 2021. **Perspectivas para a agricultura e o desenvolvimento rural nas Américas: uma perspectiva para a América Latina e o Caribe 2021-2022**. https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47209.

FAO, 2017. **O Futuro da Alimentação e da Agricultura:** Tendências e Desafios. www.fao.org/publicações%0A.http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf%0A. http://siteresources.worldbank.org/INTARD/825826111044795683/20424536/Ag_ed_Africa.pdf% 0A. www.fao.org/cfs%0A. http://www.jstor.org/stable/4356839%0A. https://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/han.

FIDA e PNUMA, 2013. **Pequenos agricultores, segurança alimentar e meio ambiente.** https://doi.org/10.1111/j.1749-6632. 1979.tb53663. x.

CERES, 2023. **Banco de dados da equipe pós-colheita CERES2030**.

Chegere, M. J., 2018. Redução de perdas pós-colheita por pequenos produtores de milho: o papel das práticas de manejo**. Pol. Alimentar.** 77 (maio de 2017), 103–115. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.05.001.

FAO, 2019. **O Estado da Alimentação e da Agricultura 2019**: Avançar na Perda Alimentar e na Redução do Desperdício. https://doi.org/10.4324/9781315764788.

FIDA, 2021. Transformar os sistemas alimentares para a prosperidade rural. In: **Desenvolvimento Rural Relatório 2021.**

Parfitt, J., Barthel, M., MacNaughton, S., 2010. Desperdício alimentar nas cadeias de abastecimento alimentar: quantificação e potencial de mudança até 2050. **Phil. Trad. Biol. Ciência.** 365 (1554), 3065–3081. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126.

Feder, G., O'Mara, GT, 1981. Tamanho da fazenda e a difusão da revolução verde tecnologia. Economia. **Dev. Culto. Altere** 30 (1), 59–76.

Brown, P., Daigneault, A., Dawson, J., 2019. Idade, valores, objetivos agrícolas, passado decisões de gestão e intenções futuras na agricultura da Nova Zelândia. J. Meio Ambiente. Gerenciar. 231 (julho), 110–120. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.018.

Carrer, MJ, Maia, AG, de Mello Brandão ˜ Vinholis, M., Souza Filho, HM de, 2020. Avaliando a eficácia da política de crédito rural na adoção de sistemas integrados lavoura-pecuária no Brasil. Pol. Uso da Terra. 92 (setembro), 104468 https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104468.

Pereira, M.W.G., Teixeira, E.C., de Lima, J.E., 2010. Adoç˜ao sequencial de tecnologia p´os-colheita aplicada `a cafeicultura em Viçosa (MG). Rev. Econ. e Soc. Rural 48 (2), 381–404. https://doi.org/10.1590/S0103-20032010000200006.

Picazo-Tadeo, A.J., Wall, A., 2011. Production risk, risk aversion and the determination of risk attitudes among Spanish rice producers. Agric. Econ. 42, 451–464. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00537.x.

Alemu, G.T., Nigussie, Z., Haregeweyn, N., Berhanie, Z., Wondimagegnehu, B.A., Ayalew, Z., Molla, D., Okoyo, E.N., Baributsa, D., 2021. Cost-benefit analysis of on-farm grain storage hermetic bags among small-scale maize growers in northwestern Ethiopia. Crop Protect. 143 (November 2020), 105478 https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105478.

Amaza, P.S., Abass, A.B., Bachwenkiz, B., Towo, E.E., 2016. Adoption of mechanized postharvest cassava processing technologies, and the determinants of high quality cassava flour (HQCF) processing in Tanzania. Tropicultura 34 (4), 411–423.

Muthukumar, R., Sindhuja, R., Jayasankar, R., 2020. A study on elements controlling the knowledge and adoption level of respondents about post harvest technologies in paddy. Plant Archives 20, 1114–1118.

Schiopu, I., 2015. Technology adoption, human capital formation and income differences.J. Macroecon45, 318–335. https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2015.05.009.

Feyissa, A.A., Senbeta, F., Tolera, A., Guta, D.D., 2023. Unlocking the potential of smallholder dairy farm: evidence from the central highland of Ethiopia. Journal of Agriculture and Food Research 11 (November 2022), 100467. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100467.

Wekesa, B.M., Ayuya, O.I., Lagat, J.K., 2018. Effect of climate-smart agricultural practices on household food security in smallholder production systems: micro-level evidence from Kenya. Agric. Food Secur. 7 (1), 1–14. https://doi.org/10.1186/s40066-018-0230-0.

Martey, E., Etwire, P.M., Denwar, N., 2020. Improved storage technique and management of aflatoxin in peanut production: evidence from Ghana. Scientific African 8, e00381. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00381.

Fletschner, D., 2008. Women's access to credit: does it matter for household efficiency? Am. J. Agric. Econ. 90 (3), 669–683. https://doi.org/10.1111/j.14678276.2008.01143.x.

Fletschner, D., 2009. Rural women's access to credit: market imperfections and intrahousehold dynamics. World Dev. 37 (3), 618–631. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.08.005.

Feder, G., 1980. Farm size, risk aversion and the adoption of new technology under uncertainty. Oxf. Econ. Pap. 32 (2), 263–283.

Feder, G., Just, R.E., Zilberman, D., 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. Econ. Dev. Cult. Change 33 (2), 255–298.

Steffens, J., Brüssow, K., Grote, U., 2020. A strategic approach to value chain upgrading—adopting innovations and their impacts on farm households in Tanzania. Horticulturae 6 (2), 1–22. https://doi.org/10.3390/horticulturae6020032.

Senyolo, M.P., Long, T.B., Omta, O., 2021. Enhancing the adoption of climate-smart techonologies using public-private partnerships: lessons from the WEMA case in South Africa. Int. Food Agribus. Manag. Rev. 24 (5), 755–776. https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0197.

Conteh, A.M.H., Yan, X., Moiwo, J.P., 2015. The determinants of grain storage technology adoption in Sierra Leone. Cah. Agric. 24 (1), 47–55. https://doi.org/10.1684/agr.2015.0733.

Mwebaze, P., Mugisha, J., 2011. Adoption, utilisation and economic impacts of improved post-harvest technologies in maize production in Kapchorwa District, Uganda. Int. J. Postharvest Technol. Innovation 2 (3), 301–327. https://doi.org/10.1504/ IJPTI.2011.043328.

Ndiritu, S.W., Ruhinduka, R.D., 2019. Climate variability and post-harvest food loss abatement technologies: evidence from rural Tanzania. Studies in Agricultural

Economics 121 (1), 30–40. https://doi.org/10.7896/j.1822.

Ruhinduka, R.D., Alem, Y., Eggert, H., Lybbert, T., 2020. Smallholder rice farmers' post-harvest decisions: preferences and structural factors. Eur. Rev. Agric. Econ. 47 (4), 1587–1620. https://doi.org/10.1093/erae/jbz052.

Kaliba, A.R.M., Featherstone, A.M., Norman, D.W., 1997. A stall-feeding management for improved cattle in semiarid central Tanzania: factors influencing adoption. Agric. Econ. 17 (2–3), 133–146. https://doi.org/10.1016/S0169-5150(97)00028-5.

Lee, D.R., 2005. Agricultural sustainability and technology adoption: issues and policies for developing countries. Am. J. Agric. Econ. 87 (5), 1325–1334.

Miller, T., Tolley, G., 1989. Technology adoption and agricultural price policy. Am. J. Agric. Econ. 71 (4), 847–857.

Baributsa, D., Njoroge, A.W., 2020. The use and profitability of hermetic technologies for grain storage among smallholder farmers in eastern Kenya. J. Stored Prod. Res. 87, 101618 https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101618.

Reardon, T., Lu, L., Zilberman, D., 2019. Links among innovation, food system transformation, and technology adoption, with implications for food policy: overview of a special issue. Food Pol. 83 (October 2017), 285–288. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.10.003.

Benimana, G.U., Ritho, C., Irungu, P., 2021. Assessment of factors affecting the decision of smallholder farmers to use alternative maize storage technologies in Gatsibo District-Rwanda. Heliyon 7 (10), e08235. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08235.

Mishra, D., Satapathy, S., 2021. Technology adoption to reduce the harvesting losses and wastes in agriculture. Clean Technol. Environ. Policy 23 (7), 1947–1963. https://doi.org/10.1007/s10098-021-02075-2.

Steffens, J., Brüssow, K., Grote, U., 2020. A strategic approach to value chain upgrading—adopting innovations and their impacts on farm households in Tanzania. Horticulturae 6 (2), 1–22. https://doi.org/10.3390/horticulturae6020032.

Tho, L.C.B., Dung, L.C., Umetsu, C., 2021. "One must do, five reductions" technical practice and the economic performance of rice smallholders in the Vietnamese Mekong delta. Sustain. Prod. Consum. 28, 1040–1049. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.018.

Zhang, S., Sun, Z., Ma, W., Valentinov, V., 2020. The effect of cooperative membership on agricultural technology adoption in Sichuan, China. China Econ. Rev. 62 (August 2019), 101334 https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.101334.

Gachango, F.G., Andersen, L.M., Pedersen, S.M., 2014. Adoption of milk cooling technology among smallholder dairy farmers in Kenya. Trop. Anim. Health Prod. 46 (1), 179–184. https://doi.org/10.1007/s11250-013-0472-6.

Batalha, M.O., 2021. Gestão e economia dos sistemas agroindustriais: definições, correntes metodológicas e m´etodos de análise. Atlas. In: Batalha, M.O. (Ed.), Gestão Agroindustrial, fourth ed., pp. 1–48.

Just, R.E., Zilberman, D., 1983. Stochastic structure, farm size and technology adoption in developing agriculture. Oxf. Econ. Pap. 35 (Issue 2).

Bokusheva, R., Finger, R., Fischler, M., Berlin, R., Marín, Y., P´erez, F., Paiz, F., 2012. Factors determining the adoption and impact of a postharvest storage technology. Food Secur. 4 (2), 279–293. https://doi.org/10.1007/s12571-012-0184-1.

Bello-Bravo, J., Abbott, E., Mocumbe, S., Maria, R., Mazur, R., Pittendrigh, B.R.,

2020. An 89% solution adoption rate at a two-year follow-up: evaluating the effectiveness of an animated agricultural video approach. Inf. Technol. Dev. 26 (3), 577–590. https://doi.org/10.1080/02681102.2019.1697632.

Parvathy, S., Chandrakandan, K., Karthikeyan, C., 1999. Prospective roles of extension workers to carry post harvest technologies to farm women. Indian J. Soc. Work 60 (2), 258–259.

Anderson, J.R., Feder, G., 2007. Agricultural extension. In: Everson, R., Pingali, P. (Eds.), **Handbook of Agricultural Economics.** Elsevier, pp. 2343–2378.

Wozniak, G.D., 1984. The adoption of interrelated innovations: a human capital approach. **Rev. Econ. Stat**. 66 (1), 70–79. https://doi.org/10.2307/1924697.

Foster, A. D., Rosenzweig, M. R., 2010. Microeconomics of technology adoption. **Annual Review of Economics** 2 (1), 395–424. https://doi.org/10.1146/annurev.economics.102308.124433.