

## **ANÁLISE DA ADOÇÃO DE IOT NO PLANTIO DE HORTALIÇAS: ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS**

André Victor Duarte Silva - Centro Universitário da FEI

Gabriela Scur

### **Resumo**

Dado o cenário de modernização da agricultura e do aumento de estudos sobre a utilização de Internet of Things, houve a necessidade de pesquisa em ambos assuntos. O presente trabalho foca no entendimento das barreiras e habilitadores da adoção de IoT no plantio de hortaliças. Para realização da pesquisa, o trabalho teve natureza qualitativa com utilização de estudo de caso por meio de entrevistas à produtores, especialistas e fornecedores. Os resultados obtidos indicam que o tamanho, conhecimento, nível de gestão e poder de investimento do produtor impactam na adoção de Internet of Things.

**Palavras-chave:** Internet of Things. IoT. Adoção. Hortaliças

### **Abstract**

The scenario of modernization of agriculture and the increase in studies on the use of Internet of Things, there was a need for research on both subjects. The present work focuses on understanding the barriers and enablers of IoT adoption in vegetable growing. To carry out the research, the work was qualitative in nature using a study of case through interviews with producers, specialists and suppliers. The obtained results indicate that the producer's size, knowledge, management level and investment power impact the adoption of the Internet of Things.

**Keywords:** Internet of Things. IoT. Adoption. Vegetables

# ANÁLISE DA ADOÇÃO DE IOT NO PLANTIO DE HORTALIÇAS: ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS

## RESUMO

Dado o cenário de modernização da agricultura e do aumento de estudos sobre a utilização de Internet of Things, houve a necessidade de pesquisa em ambos assuntos. O presente trabalho foca no entendimento das barreiras e habilitadores da adoção de IoT no plantio de hortaliças. Para realização da pesquisa, o trabalho teve natureza qualitativa com utilização de estudo de caso por meio de entrevistas à produtores, especialistas e fornecedores. Os resultados obtidos indicam que o tamanho, conhecimento, nível de gestão e poder de investimento do produtor impactam na adoção de Internet of Things.

Palavras-Chave: Internet of Things. IoT. Adoção. Hortaliças.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura passa por uma modernização, em que os agricultores necessitam de informações e monitoramento para tomada de decisão sobre o plantio e colheita. Desta maneira, exige-se sistemas com automatização avançada e comunicação em rede (Monhanraj et al., 2016).

Com o crescimento da população mundial e a necessidade da produção de alimentos, a agricultura baseada em Internet of Things (IoT) está sendo utilizada para o aumento da eficiência do plantio, através do monitoramento do solo, das culturas, dos maquinários, do armazenamento, do uso de fertilizantes e do consumo de energia (Ahmed et al., 2018).

Segundo Alhogail (2018), IoT ganhou maior importância nos últimos anos, pois tem como objetivo interligar pessoas, tecnologias e serviços inteligentes. A agricultura baseada em IoT permite o uso efetivo da terra, qualidade e segurança na produção agrícola. O sistema pode ser projetado para altos padrões de qualidade e valor comercial, tornando o mercado de produtos agrícolas mais dinâmico e competitivo (Gonzales-Amarillo et al., 2018). Neste sentido, Etriya et al. (2018) afirmam que a inovação no segmento agrícola é importante pois aprimora os produtos e impulsiona as receitas dos agricultores.

Mesmo neste cenário de modernização da agricultura, os produtores mantêm-se especialistas nos processos relacionados ao plantio, sem experiência nas aplicações de IoT, explicitando a necessidade destes usuários participarem da elaboração, integração e uso das interfaces tecnológicas (Ferández-Pastoret al., 2018). No mesmo contexto da aceitação e adoção de computadores na década de 80 que originaram os modelos de aceitação e adoção de tecnologia, verifica-se a necessidade de estudos para adoção de IoT em diferentes contextos e grupos de usuários (Jang; Yo, 2017).

Os fatores que podem estimular ou dificultar a adoção de IoT na agricultura são custo, segurança, privacidade e risco na utilização das tecnologias, sendo estes os fatores que tangenciam uma abordagem tecnológica-organizacional-ambiental (Mekala; Viswanathan, 2017), além do entendimento e interface do usuário que tangencia o ponto de vista comportamental (Ferrández-Pastor et al., 2018).

Outro ponto é a necessidade de melhoria na utilização de IoT nas produções agrícolas em fatores de interoperabilidade, robustez e custo de implementação dos sistemas, sendo estes os fatores que dificultam ou auxiliam na adoção de IoT (Ray, 2017; Ferrández-Pastor et al. 2018). Carcary et al. (2018) mostra a necessidade de entender quais habilidades são necessárias no ambiente individual e organizacional para adotar e utilizar IoT. Por fim, AlHogail (2018) aponta para a especificação de novos domínios da aplicação de IoT. Com base nas lacunas mencionadas, o objetivo deste estudo é avaliar, com base na taxonomia TOE (Technology-Organization-Environment) e UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology),

os fatores que impactam a adoção IOT no segmento agrícola, mais especificamente hortaliças a partir de estudo de casos múltiplos de produtores brasileiros.

A agricultura é um dos setores menos prejudicados na pandemia da Covid-19, tendo em vista que todas as atividades envolvidas no processo de abastecimento de alimentos são essenciais. Todavia, novas tendências de consumo, sobretudo em razão das refeições estarem sendo realizadas nos lares e a preocupação com a saudabilidade dos alimentos têm trazido boas perspectivas para o setor de hortaliças, mesmo no cenário de pandemia, especialmente no que concerne à rastreabilidade.

## **2 IOT E AGRICULTURA**

A agricultura fornece alimentos, grãos e outras matérias primas que são a base para a vida humana e a tecnologia é o caminho para aumento na eficiência da produção no campo (BHAGWAT et al., 2004). Hussain (2016) contextualizou a importância da tecnologia, em que o uso de IoT seria a solução para o aumento da eficiência na agricultura, criando plantios inteligentes.

Ojha et al. (2015) entendem que recursos como a integração de sensores, transmissão digital e Wireless Sensor Networks (WSN) permitem utilizar diferentes dispositivos que viabilizam IoT no campo. Algumas práticas que seriam viabilizadas com o uso do IoT são a irrigação inteligente, otimização do uso de fertilizantes, controle de pragas e monitoramento da água e do solo. Outras atividades agrícolas que são auxiliadas por meio de IoT são o próprio plantio das sementes, pulverização, afastamento de pássaros e animais (Gondchawar; Kawitkar, 2016). Mekala e Viswanathan (2017) reforçam também que o uso eficiente de fertilizantes e pesticidas podem ser feitos com IoT.

Zhao et. al (2011) e Arooj et al. (2017) definem que os sistemas de monitoramento do cultivo possibilitam uma tomada de decisão no tempo correto, com armazenamento histórico e contínuo. Os parâmetros que são analisados nestes sistemas são: temperatura, umidade do ambiente e do solo, velocidade e direção do vento, imagens das culturas e precipitação.

Ainda sobre os parâmetros, Ferrández-Pastor et al. (2016) explicitam que agrônomos usam estufas experimentais para compreender os dados de sensoriamento das culturas, no qual absorvem informações sobre o PH da água e do solo, temperatura da água, do solo e do ambiente e a umidade relativa e como estas informações impactam no uso de luzes, bombas e máquinas agrícolas.

No domínio da agricultura, Aliev et al. (2018) afirmam que é necessária a comunicação de longa distância e maior eficiência de energia, com uso de tecnologias como o WSN, que viabiliza o monitoramento do cultivo e aplicações agrícolas inteligentes no campo.

Para segurança, as tecnologias de rastreamento e monitoramento são as principais soluções de IoT, possibilitando garantir a segurança e qualidade de alimentos, construindo uma rede de informações para tomada de decisões e gerenciamento efetivo dos produtos não só no plantio, mas na cadeia de suprimentos agrícola como um todo (Panduru et al., 2016).

Difallah et al. (2018) argumenta que uma das maiores contribuições de IoT na agricultura é referente ao uso da água na irrigação. A integração de redes, sensores e tratamento de dados podem proporcionar soluções de uso da água para locais com falta de água, economizando o uso do recurso e garantindo alimentos. Os autores afirmam que existem outras vantagens do uso da tecnologia na agricultura, como o uso de informações em tempo real, a minimização da mão de obra, maior produtividade no plantio e uso eficiente da água.

Na fertilização do solo, a IoT está cada vez mais associada a aplicação de nutrientes a uma taxa variável, de acordo com o sensoriamento do solo e a necessidade da cultura em questão (Dobrescu et al., 2019).

### 3 MODELOS DE ADOÇÃO DE TECNOLOGIA

AlHogail (2018) em estudo sobre a incerteza e confiança do usuário e do consumidor em adotar IoT, verificou que é necessária a especificação de novos domínios de aplicação da tecnologia. Esses autores utilizaram modelos de aceitação e modelos psicossociais, e afirmam que é necessária a consideração de fatores culturais e governamentais, além de expandir o estudo à outras comunidades.

Para Carcary et al. (2018) há evidências da utilização de modelos de adoção individuais (UTAUT – Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) junto à modelos de adoção organizacionais. O que tem sido utilizado no contexto de IoT é o modelo (TOE- Technology-Organization-Environment), além de apresentar o fator ambiental, agrega barreiras ou alavancas ao processo de adoção de tecnologia (Sun et al., 2016).

Choudrie e Dwivedi (2005), em uma revisão sobre os modelos de adoção de tecnologia, verificaram que apenas dois métodos foram empregados, o survey em 74% das publicações e o estudo de caso em 26% das publicações. O estudo de caso fora empregado para modelos organizacionais, sendo este o método mais adequado para contextos que transcendem a aplicação do modelo de adoção no usuário.

Os fatores provenientes dos modelos TOE e UTAUT foram utilizados. O fator comportamental corresponde a última variável do modelo UTAUT, o “comportamento de uso”. As variáveis auxiliares “gênero”, “idade” e “experiência” do modelo UTAUT ficaram em um segundo plano de análise, pois são utilizadas em estudos quantitativos. Neste fator foram verificadas variáveis similares em outros estudos de adoção de tecnologia.

A primeira variável do fator comportamental é a expectativa de performance. Ela é relacionada ao grau que o usuário acredita que ganhará em desempenho e vantagem competitiva com o uso de IoT. Assim, foi verificado quais benefícios o respondente acredita que a tecnologia trará em qualidade, produtividade e controle ao processo já implementado.

A segunda variável é a expectativa de esforço, analisada com base na complexidade vista pelo usuário para implementar IoT.

A influência social se refere à voluntariedade de uso, similar ao que é proposto no modelo UTAUT. Segundo Carcary et al. (2018) esta é a variável menos explorada nos estudos sobre adoção de IoT, explicitando a necessidade de entendimento no contexto do plantio de hortaliças. O objetivo é verificar se os respondentes que fazem referência ao produtor impactam na intenção de adoção de IoT.

As condições facilitadoras agregam a percepção do produtor sobre como sua infraestrutura de internet, equipamentos, tempo, tamanho ou método de trabalho impactam na possível implementação de IoT.

Neste fator se busca entender como a tecnologia em si pode ser uma barreira ou habilitador e como o produtor interpreta a sua adoção. Desta maneira, neste estudo as variáveis para observar o impacto da tecnologia na adoção de internet of things são o custo (SUN et al., 2016) e disponibilidade.

Este fator tem como objetivo entender como a estrutura a qual se encontra o produtor e seu plantio pode impactar ou não na adoção de IoT. Neste sentido, o tamanho da organização é fundamental para verificar se produtores familiares, que são a maior parte dos agricultores brasileiros, têm dificuldades em adotar IoT. Relacionados a este fator, foram verificadas em Namisiko, Munialo e Nyongesa (2014) variáveis relacionadas a inovação e em Lin, Lee, Lin (2016) variáveis relacionadas a resistência interna, que devem ser compreendidas no contexto do tamanho e estrutura da empresa.

O fator ambiental abordará influências externas ao produtor e que não podem ser diretamente modificadas. O objetivo é verificar como o cenário em que o produtor está inserido impacta na adoção de IoT no plantio de hortaliças.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O estudo de caso é o método mais utilizado em modelos de adoção, principalmente quando o objeto de estudo transcende à análise do usuário (Choudrie e Dwivedi, 2005).

Foram realizadas entrevistas com especialistas e fornecedores (de tecnologia, insumos ou apoio consultivo), além dos próprios produtores (potenciais usuários da tecnologia), para obter uma visão holística sobre a relação da tecnologia e o segmento a partir de diferentes stakeholders. Outros dados foram coletados em sites de empresas, em arquivos, documentos e observação direta. Esses dados e o contato com diferentes atores permitem verificar a convergência entre as fontes por meio de triangulação (Yin, 2017). Para a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), as cinco principais hortaliças são a alface, batata, cebola, cenoura e tomate devido à alta comercialização nas centrais de abastecimento do Brasil e pelo destaque no cálculo do índice oficial de inflação, o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo).

Os produtores apresentam uma concentração na comercialização com entrepostos (10 entre os 15 entrevistados). Dos grandes produtores, apenas um não comercializa com grandes varejistas.

## **5 RESULTADOS**

### **5.1 FATOR COMPORTAMENTAL**

O primeiro construto analisado no fator comportamental foi a expectativa de performance. Ele teve como objetivo avaliar a percepção do indivíduo sobre a obtenção de ganhos de qualidade, produtividade e controle no processo do plantio, com a adoção da tecnologia (Gutierrez et al., 2015; Sun et al., 2016).

Os ESP1 e ESP2 afirmaram que a maioria dos produtores tem o entendimento básico dos benefícios técnicos que IoT pode trazer no plantio e não conseguem visualizar benefícios financeiros e de qualidade nos produtos. Os produtores PRO6 e PRO7 afirmam que um dos maiores motivadores é a maior facilidade de manuseio dos equipamentos e aplicação dos insumos, permitindo no caso de grandes propriedades, um controle eficaz de toda a cultura. Estes produtores optaram pelo uso da tecnologia para irrigação devido ao menor uso da água e, conseqüente, menor custo. O incremento de qualidade não foi considerado por todos produtores, sendo apenas pelo PRO4, em que seu diferencial é um tomate de alta qualidade e padronização para exportação.

Os fornecedores foram unânimes em afirmar que os produtores, principalmente os pequenos, têm dificuldades em realizar a gestão financeira de seu negócio, dificultando a percepção dos possíveis benefícios em termos de redução de custos e insumos. O principal motivador seria a redução de insumos na irrigação e fertilização do solo, confirmado por PRO7 e PRO8 que já utilizam as tecnologias

Alguns dos produtores (PRO5 e PRO7) que já utilizam as tecnologias de sensoriamento afirmam que uma das barreiras referente a performance é a não adaptabilidade pelos fornecedores de tecnologia ao setor de hortaliças, pois atendem a grandes commodities como soja e milho. O problema da adaptabilidade, segundo o PRO1, se restringe a catalogação dos diferentes tipos de hortaliças, dos seus insumos, dos diferentes tipos de pragas e doenças e possíveis ajustes necessários para cada cultura.

Os grandes produtores foram impactados positivamente pela expectativa de performance, dado que com a conjuntura de gestão e poder de investimento conseguiram e conseguem avaliar os ganhos com o uso dos aparatos tecnológicos. Os ganhos obtidos foram: redução de custo com água e insumos; maior controle e gestão da produção, propriedade e equipamentos e incremento de qualidade no produto.

Os pequenos produtores veem benefícios relacionados ao manuseio, porém não utilizam IoT pois a atual prática manual com uma equipe de irrigação, semeadura e colheita é satisfatória para os seus respectivos fins de produção, conforme visto nos casos PRO9, PRO10 e PRO12. Eles afirmam que seus produtos, devido ao valor agregado baixo, não seriam comercializados com um preço mais elevado para que fosse viabilizada a adoção da tecnologia.

Desta maneira, o construto “expectativa de performance” impacta diretamente na adoção de IoT, pois a distinção entre os produtores que adotaram ou não adotaram passou pelo crivo da avaliação dos benefícios no longo prazo e do rompimento das atuais práticas de plantio. Um fator indireto que corrobora com este cenário, é a menor escolaridade dos pequenos produtores, uma vez que com menor conhecimento, se perpetuam as práticas e tecnologias utilizadas. Fortalecem esta afirmação, os estudos de Alhogail (2018) e Gutierrez, Boukrami e Lumsden (2015), que também verificaram respectivamente que IoT e Computação em nuvem são impactados pela percepção da vantagem relativa.

O segundo construto observado no fator comportamental é a “expectativa de esforço”, suportada pelo grau de complexidade que o usuário atrela a tecnologia

Os grandes produtores afirmaram que não tiveram problemas na implementação, dado que investiram em pessoas especializadas (terceiros ou não) para manutenção da tecnologia. Esta estratégia foi abordada por todos estes produtores, dado que por questões estratégicas, se mantém especialistas no plantio e contratam especialistas em tecnologia para atuar nas demandas de IoT. Na conjuntura de mercado, estes produtores têm maior facilidade de encontrar parceiros, pois possuem maior poder de investimento, escala e contato com os fornecedores de tecnologia.

Para os pequenos agricultores, a terceirização e auxílio de especialistas não é discutido, principalmente pelo custo. O principal fator é o não acesso aos detentores da tecnologia, que desencadeia na busca individual pela implementação da tecnologia. Com esta busca individual, o pequeno produtor se vê incapacitado em operar os dispositivos e desiste de uma possível adoção de IoT.

Segundo o ESP3, a escolaridade pode ser um fator decisivo para compreensão e utilização de IoT. Os ESP1 e ESP2 afirmam que o produtor não trocará a facilidade de seu manuseio atual, por processos mais complexos, com sensores, sistemas integrados e utilização de interfaces em tempo real.

Verifica-se que a expectativa de esforço pode ser uma barreira na adoção de IoT, principalmente se a questão da complexidade não é avaliada junto com as condições de contorno e com especialistas e empresas parceiras. Os produtores se mantêm especialistas no plantio, independentemente do porte, porém a gestão da adoção de IoT é diferenciada através do acesso aos detentores do conhecimento tecnológico.

O terceiro construto referente ao fator comportamental é a “influência social”, que buscou verificar como os agentes que são referências aos produtores impactam na decisão da adoção ou não de IoT. Alhogail (2018) afirma que o interesse da comunidade influencia positivamente a confiança na adoção de IoT, conforme apontado pelo SPE3 na afirmação de que os produtores são influenciados pelos costumes na vida pessoal, como por exemplo na utilização de aplicativos e dispositivos de remotos.

Os ESP1, ESP2 e ESP3 e os FOR1 e FOR3 afirmam que os produtores podem ser influenciados por órgãos reguladores, fornecedores e demais produtores que tenham contato com a tecnologia. Sob o ponto de vista dos pequenos agricultores, verifica-se que os PRO9, PRO12 e PRO15 não

são influenciados a utilizar tecnologias de sensoriamento. Os PRO10, PRO11 e PRO14 afirmam ser influenciados.

Os grandes produtores, por terem uma rede de fornecedores e clientes mais ampla, são mais influenciados socialmente para o uso da tecnologia. São estes também que buscam adequar sua produção ao que gera maior eficiência no processo do plantio e da colheita. O PRO1 e PRO8 afirmam que através da tecnologia podem exercer controles mais rígidos e processos mais bem estruturados com intuito de obter tais certificações. Além disso, comentam que seus fornecedores, principalmente da indústria de biológicos, incentivam uma maior disseminação de tecnologias de sensoriamento no plantio.

No último construto do fator comportamental, verifica-se como o produtor avalia suas condições profissionais, processuais e de infraestrutura para adotar IoT.

Os especialistas citaram o problema de acesso à internet em regiões mais remotadas. O produtor PRO8 afirmou que em alguns locais de sua propriedade o sinal de rede oscila, porém não é um impeditivo para utilização da tecnologia. A internet não é um fator determinante no momento do controle do plantio, dado que as informações podem ocorrer em redes internas. O PRO1 e PRO7 apontaram que o uso da internet é importante para gestão do negócio longe das propriedades, porém no dia a dia o controle pode ser realizado sem a conexão externa.

O PRO1 e o PRO2 percebem problemas nas condições de plantio de seus produtos. Por exemplo, os tomates de tipo vertical, apresentam dificuldades no monitoramento de doenças e pragas. Já as folhosas, mais voláteis ao tempo e ao curto ciclo de plantio, não conseguem, quando produzidas na terra, utilizar tecnologias. O PRO2 aponta que outro problema são os terrenos íngrimes que dificultam a utilização de máquinas agrícolas.

Os produtores de menor porte afirmam que a ausência de computadores e pessoas que entendam da tecnologia dificultam a adoção de IoT. Conclui-se que as “condições facilitadoras” não impactam diretamente a adoção de IoT, pois são viáveis situações de contorno para solos íngrimes, falta de internet e monitoramento de doenças e pragas para situações específicas.

## 5.2 FATOR TECNOLÓGICO

O primeiro construto analisado no fator tecnológico, o custo, tem como objetivo avaliar se os possíveis gastos dispendidos com a implementação de IoT podem ser uma barreira aos produtores, conforme verificado em Sun et Al. (2016), em que as possíveis despesas com Big Data podem impactar na adoção da tecnologia.

Os grandes produtores afirmaram que o custo da implementação é um fator a ser considerado, porém dado o plano de redução de custos e benefícios no manuseio, o investimento compensa os gastos. Esta visão custo-benefício, verificada também na expectativa de performance, só é permitida quando o produtor realiza controles na gestão do seu negócio. Para os pequenos produtores, o custo é um impeditivo apontado como a maior barreira para implementação, pois linhas de crédito ou são inexistentes ou tem juros altos. Assim, o custo de implementação de IoT impacta nas decisões dos produtores no momento da adoção da tecnologia, principalmente se não houver um plano de diluição dos gastos no longo prazo em conjunto com o ganho de performance obtido na evolução dos controles do plantio. Os especialistas afirmam que regiões mais afastadas dos grandes centros podem apresentar maiores custos devido à logística, implementação de interfaces remotas e deslocamento de especialistas.

O FOR1 argumenta que IoT pode reduzir custos em toda a cadeia de suprimentos, interligando o plantio com os demais elos e, assim, viabiliza ganhos tanto para produtores como para o consumidor. Agricultores que possuem menor margem de lucro e tem menor capacidade de investimentos, poderiam se beneficiar desta interligação de agentes da cadeia.

O segundo construto analisado no fator tecnológico, a disponibilidade, tem como objetivo avaliar se a composição atual das tecnologias disponíveis atende a demanda dos produtores de

hortaliças, conforme verificado nos estudos de Gutierrez, Boukrami e Lumsden (2015) e Masood e Egger (2019), referente a importância da prontidão tecnológica.

Os produtores que adotaram IoT citam que a tecnologia ainda não consegue abranger todas as exigências do plantio de hortaliças, pois falta adaptabilidade aos diferentes tipos de produtos. Os detentores das tecnologias apresentam uma padronização de sensoriamento voltada para grandes commodities (como soja e milho), que são aproveitadas nas hortaliças, porém não atendem os diferentes tipos de catalogação de insumos, pesticidas, doenças e variações das hortaliças. Esta defasagem de informação não é um impeditivo tecnológico, dado que a maior parte do sensoriamento ocorre no solo, porém inviabiliza a utilização completa e integrada de IoT. Agricultores como o PR01 e PR02 que já utilizam a tecnologia, apontam a inexistência ou defasagem nas informações relacionadas às especificidades das hortaliças.

As tecnologias estão disponíveis, mas os pequenos produtores têm maiores dificuldades de usá-las. Parte deste cenário se dá por conta da falta de incentivos para utilização de tecnologia, conforme visto no fator comportamental. Sindicatos e cooperativas podem ter papel importante para viabilizar a disponibilização da tecnologia e torná-la viável economicamente

### 5.3 FATOR ORGANIZACIONAL

O fator organizacional foi avaliado considerando o tamanho e estrutura da empresa. O objetivo deste fator é verificar que as variações nas composições das organizações podem definir a decisão sobre a adoção de IoT. Estudos similares, como o de Gutierrez, Boukrami e Lumsden (2015) em Big Data e Masood e Egger (2019) em realidade aumentada, apontam que tamanho e estrutura das empresas estão positivamente associadas ao uso das tecnologias. Em IoT, verifica-se o mesmo, com organizações maiores e mais estruturadas conseguindo avaliar e adotar tecnologias.

O FOR3 afirma que cooperativas e sindicatos podem ter papel importante na orientação dos produtores a encontrar e compartilhar equipamentos para baratear o uso.

Para os produtores que já utilizam IoT, alguns impeditivos foram encontrados, como a inexistência ou defasagem nas informações relacionadas às especificidades das hortaliças. O PRO1 diz que o receituário dos diferentes tipos de tomates e diferentes tipos de insumos não é atualizado e aplicado em tempo real, sendo necessária a análise de um especialista. Referente às pragas e doenças, só existem serviços de pragueiros de forma remota através de aplicativos de mensagem, sem uma interação em rede online. O PRO2 comenta que a produção de alfaces em terra é afetada pela inconstância de iluminação oriunda das variações do tempo, inibindo a adoção de IoT nesta hortaliça de ciclo rápido.

O porte dos produtores também influencia esse fator, pois o pequeno produtor tem menos poder de investimento, enquanto o grande produtor consegue avaliar seus ganhos e riscos. A questão cultural e a influência social também impactam em diferentes medidas os diferentes tamanhos de produtores.

Referente às estruturas dos grandes produtores, observa-se que produtores que detêm mais elos da cadeia de abastecimento veem maior valor no uso de tecnologias de sensoriamento, dado que o fluxo de informação entre o plantio, separação, distribuição e vendas é um fator decisivo no negócio. Outro ponto é que produtores com diversidade de produtos podem transferir tecnologias entre diferentes culturas. Em um pequeno produtor, a diversificação dos produtos é grande e isso é um impeditivo para adoção de IoT, uma vez que cada produto apresenta um parâmetro e especificidade.

A gestão do negócio é realizada de forma contínua e sistemática nos grandes produtores, em que se observa recursos humanos especializados tanto nas questões financeiras, como de plantio e tecnologia. Nos pequenos produtores a falta de gestão impacta diretamente na percepção dos

possíveis benefícios de tecnologia. A diferença na especialização ocorre também por conta dos diferentes graus de escolaridade dos líderes das empresas, em que, grandes produtores, mesmo que sem escolaridade em nível superior, conseguem contar com profissionais com esta qualificação e que auxiliam o seu negócio.

A agricultura familiar se apresentou como barreira no processo de adoção, pois tanto produtores como especialistas apontam que há uma maior participação de diferentes pessoas no processo decisório. Além disso, tendem a não contratar terceiros que não tenham contato com o plantio, como especialistas em tecnologia.

#### 5.4 FATOR AMBIENTAL

O primeiro construto analisado no fator ambiental, a pressão competitiva tem como objetivo avaliar se os parceiros comerciais, fornecedores e clientes impactam os produtores no momento da adoção de IoT. Encontra-se no estudo de Gutierrez, Boukrami e Lumsden (2015) a afirmação de que a pressão competitiva influencia na adoção de computação em nuvem. Em relação à IoT não é diferente, impactando diretamente nas práticas adotadas pelos produtores.

A pressão competitiva, como visto na “influência social”, impacta o produtor na sua capacidade de realizar a comercialização do seu produto, de acordo com as exigências dos seus clientes e mercado. Os pequenos produtores apresentaram menor pressão competitiva, devido ao formato de venda garantida para os atravessadores.

Este tipo de venda diminui a margem de lucro, porém garante a comercialização sem exigências de qualidade. No setor de hortaliças, pequenos agricultores se apoiam neste sistema de vendas devido à perecibilidade dos produtos e a baixa capacitação para procurar novos mercados e clientes. Esta estabilidade inibe a busca de melhorias no plantio e, conseqüentemente, a adoção de IoT.

Os grandes produtores, pelo contato com maiores varejistas, exportações e mercados diferenciados, seguem a busca por tendências de qualidade, padronização e tecnologia, influenciando o uso de tecnologias, principalmente de sensoriamento.

Os especialistas afirmam que a exigência por rastreabilidade dos produtos por parte dos consumidores finais faz com que os produtores tenham controles mais rígidos. Assim, a IoT permite conhecer as dosagens de insumos, datas de plantio e colheita, além do controle do pós-colheita, garantindo, assim, maior confiabilidade.

O que diferencia o uso de IoT entre pequenos e grandes produtores é o acesso a mercados mais exigentes e a influência dos fornecedores de insumos. O cenário econômico pode impulsionar ou freiar a tendência de uso de tecnologia, devido à incerteza para fazer investimentos, porém não é um fator decisivo na adoção de IoT.

Os PRO6 e PRO8 comentam que a adoção de tecnologia é influenciada pela melhoria nos processos que ela traz. Já os PRO1, PRO2, PRO3, PRO4 e PRO7 afirmam que clientes, certificações, mercado externo, fornecedores e a exigência por rastreabilidade foram fatores decisivos para a adoção (Table 24).

O último construto analisado no fator ambiental é o “Apoio do Governo e Regulamentações”. Tem como objetivo avaliar se o suporte governamental é um habilitador do uso de tecnologia e também se a legislação vigente impacta na decisão sobre o uso de IoT. No estudo de Sun et al. (2016), no contexto de big data, a influência governamental e seu suporte agiliza o processo de adoção, uma vez que a tecnologia facilita o controle e a segurança das informações. No contexto de IoT no Brasil, verifica-se baixo suporte do governo, sem incentivos como linhas de crédito e subsídio.

Para os especialistas, a lei de rastreabilidade é um fator importante para os pequenos produtores, pois exige maior profissionalização do plantio e do pós-colheita, levando indiretamente os produtores a buscar melhores práticas, com ou sem tecnologia.

As demandas de rastreabilidade já haviam sido absorvidas pelos grandes produtores devido às exigências dos seus clientes. Os pequenos produtores foram mais impactados pela lei, pois tem com processos e controles mais simples. O contexto da pandemia acelerou a implantação de dispositivos para atender à lei de rastreabilidade devido aos controles sanitários necessários. O PRO1 aponta fatores indiretos, como as licenças ambientais e a manutenção do solo terem melhor gestão com o uso de IoT. As licenças ambientais seriam obtidas com maior facilidade por conta da delimitação da propriedade, controle do uso dos agentes biológicos e a gravação destas informações ao longo do tempo. Já a manutenção do solo é impactada pois o sensoriamento permite verificar qual o momento da troca da adubação e do local de plantio.

## **6 DISCUSSÃO**

Os produtores que avaliam a adoção de IoT necessitam analisar suas capacidades, seus processos e controles. No mercado, necessita entender a influência de outros agentes do segmento das hortaliças. A expectativa de performance varia conforme o produtor consegue avaliar suas condições internas e como a adoção pode lhe trazer benefícios no longo prazo. A resistência ainda é um fator importante e que é melhor tratada quando o produtor tem um entendimento amplo do negócio.

Em relação ao fator tecnológico, a disponibilidade atende a demanda das empresas, apenas com apontamentos referentes à adaptabilidade. Já o custo é o critério da tomada de decisão por parte dos grandes produtores e um fator limitador, para os pequenos produtores que, com menores margens de lucro, apresentam maiores dificuldades para investimento.

O fator organizacional se funde aos demais fatores, pois as diferentes composições organizacionais direcionam como produtor lidará com o processo de adoção de IoT. Este fator impacta diretamente na intenção de uso, nos relacionamentos, no mercado e no entendimento da tecnologia. Além disso, nos 15 produtores entrevistados, os de grande porte adotaram IoT e os de pequeno porte, não adotaram, mostrando uma segregação dos diferentes tipos de empresas e confirmando a relevância do fator.

A regulamentação e o apoio do governo podem influenciar a adoção de IoT, porém não são decisivos. Os produtores que utilizam a tecnologia não consideraram estes fatores no momento da adoção. A alavancagem do uso de IoT pode ser realizado por instituições responsáveis pelo direcionamento do pequeno produtor, como cooperativas e sindicatos, com ou sem apoio do governo.

Como contribuição teórica, nossos resultados sugerem que o modelo teórico necessita ser avaliado conforme os diferentes portes das empresas, evidenciando que o fator organizacional influencia diretamente nas questões comportamentais dos produtores. O tamanho e estrutura da empresa divergiram as opiniões dos produtores em todos os construtos, fazendo com que os insights sobre a adoção fossem diferentes, mesmo que para o mesmo segmento. Por exemplo, a influência social é importante para os grandes produtores, uma vez que possuem stakeholders que os direcionam ao uso de IoT, enquanto os pequenos produtores não sentem a influência por parte de seus pares e parceiros. Os únicos construtos que não impactam na adoção de IoT foram as condições facilitadoras e disponibilidade. Nas condições facilitadoras, as tecnologias e práticas para adoção de IoT contornam possíveis problemas, como a conexão remota, clima e terrenos acidentados. Na disponibilidade, a prontidão tecnológica não é um fator limitante à adoção, apesar dos produtores solicitarem adaptações voltadas para hortaliças.

Por fim, entende-se que os pequenos produtores têm menos informações e menor poder de investimento, fatores que os distanciam da implementação de IoT no curto prazo. Os grandes produtores, já alavancados pelos seus parceiros comerciais, tem acesso mais rápido e viável às tecnologias, aumentando o controle sobre o plantio e obtendo maior produtividade.

Our findings suggest o fator organizacional é decisivo na adoção de IoT pois apenas grandes produtores implementaram a tecnologia. A maior defasagem ocorre na gestão do negócio e no poder investimento. Para solucionar a defasagem entre pequenos e grandes produtores, algumas sugestões são maior aporte do governo com subsídios, isenções fiscais e crédito, além do apoio informacional de instituições como cooperativas e sindicatos.

## **7 CONCLUSÃO**

O estudo buscou identificar como a adoção de IoT no setor de hortaliças é impactada por fatores tecnológicos, organizacionais, ambientais e comportamentais. A partir da revisão da literatura, foi elaborado um modelo teórico que foi utilizado a coleta de informações com 15 produtores, 3 especialistas e 4 fornecedores de hortaliças.

Os resultados apontam que o fator tecnológico impacta a adoção de IoT em relação ao custo de implementação, em que os produtores se deparam questões de planejamento e avaliação de retorno investimento. No fator organizacional, verificou-se que empresas mais estruturadas têm maior capacidade de avaliar, planejar e, conseqüentemente, adotar a tecnologia. O fator ambiental impacta principalmente nas exigências de mercado, sobretudo de grandes varejistas e consumidores finais que buscam rastreabilidade, desencadeando na adoção de IoT por produtores que se adequam às melhores práticas do plantio. Os principais insights do fator comportamental são referentes a “percepção de usabilidade”, em que influenciam o apoio de profissionais especializados e da não resistência às mudanças do mercado.

Especificamente no Brasil, por conta da pandemia, o desemprego está elevado, há inflação dos preços dos alimentos e a conveniência e o preço aumentam o apelo por alimentos ultraprocessados. E esses fatores podem diminuir a demanda por hortaliças em 2021. Nesse contexto, o setor precisa fortalecer as inovações e seguir se adaptando a possíveis novas alterações de consumo, visando manter ativa as vendas de alimentos. Neste contexto, o uso de IoT pode trazer melhorias em processos, otimização de produtividade, minimização de perdas, redução no consumo de insumos, melhor rastreabilidade e aumento do número de clientes.

Para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação de métodos quantitativos para confirmar as conclusões deste estudo, junto à aplicação de outros modelos de adoção de tecnologia, além do entendimento da adoção de IoT no plantio de outras culturas e nos demais elos da cadeia de suprimentos agrícola.

## REFERENCIAS

- AHMED, N. et al. **IoT (IoT) for Smart Precision Agriculture and Farming in Rural Areas**. Ieee IoT Journal, (2018), <http://dx.doi.org/10.1109/jiot.2018.2879579>.
- ALHOGAIL, A. **Improving IoT Technology Adoption through Improving Consumer Trust**. Mdpi Technologies (2018), pp. 1-17.
- ALIEV, K. et al. **Internet of Plants Application for Smart Agriculture**. Ijacs, (2018), pp. 421-430.
- AROOJ, M.; ASIF, M.; SHAH, S. Z. **Modeling Smart Agriculture using SensorML**. Ijacs (2017), pp. 511-517.
- BHAGWAT, P.; RAMAN, B.; SANGHI, D. **Turning 802.11 Inside-Out**. Acm Sigcomm Computer Communications Review, 34, (1) (2004), pp.33-38.
- CARCARY, M.; MACCANI, G.; DOHERTY, E.; CONWAY, G. **Exploring the Determinants of IoT Adoption: findings from a systematic literature review: Findings from a Systematic Literature Review**. Lecture Notes in Business Information Processing (2018), [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-99951-7\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-99951-7_8)
- CHOUDRIE, J., DWIVEDI, Y. K. **Investigating the research approaches for examining technology adoption issues**. Journal of Research Practice, 1(1), Article D1. Retrieved [Date of Access], (2005), <http://jrp.icaap.org/index.php/jrp/article/view/4/>
- CONAB. **PROHORT - SIMAB**. Available: <<http://dw.ceasa.gov.br/>>. Access: 23 march 2021.
- CONAB. **Boletim Hortigranjeiro**. Brasília: -, v. 5, n. 10, 01 out. ISSN 2446-5860 (2019a).
- DIFALLAH, Wafa et al. **Intelligent Irrigation Management System**. Ijacs. Bechar. (2018), pp. 429-434.
- DOBRESCU, R.; MEREZEANU, D.; MOCANU, Sn. **Context-aware control and monitoring system with IoT and cloud support**. Computers And Electronics In Agriculture (2019), <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.005>
- ETRIYA, Etriya et al. **The importance of innovation adoption and generation in linking entrepreneurial orientation with product innovation and farm revenues: the case of vegetable farmers in west java, indonesia**. International Food And Agribusiness Management Review (2018) <http://dx.doi.org/10.22434/ifamr2017.0038>
- FERRÁNDEZ-PASTOR, F. et al. **Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using IoT: Application in Precision Agriculture**. Sensors, (2016) <http://dx.doi.org/10.3390/s16071141>
- FERRÁNDEZ-PASTOR, F. et al. **Precision Agriculture Design Method Using a Distributed Computing Architecture on IoT Context**. Sensors (2018) <http://dx.doi.org/10.3390/s18061731>
- GONDCHAWAR, N.; KAWITKAR, R. S. **IoT based Smart Agriculture**. Ijarcc, X, 5 (6) (2016), pp.838-842.
- GUTIERREZ, A.; BOUKRAMI, E.; LUMSDEN, R. **Technological, organisational and environmental factors influencing managers' decision to adopt cloud computing in the UK**. Journal of Enterprise Information Management (2015) <http://dx.doi.org/10.1108/jeim-01-2015-0001>
- HUSSAIN, Md. Iftexhar et al. **An Efficient TDMA MAC Protocol for Multi-hop WiFi-Based Long Distance Networks**. Wireless Personal Communications (2016) <http://dx.doi.org/10.1007/s11277-015-3165-9>
- JANG, S.; YU, Chang, H. **A Study on IoT (IoT): Users' Reuse Intention Using Technology Acceptance Model in Korea**. International Journal of Business and Management Science, 2 (7) (2017), pp. 279-295.

KETOKIV, M.; CHOI, T. **Renaissance of case research as a scientific method.** Journal of Operations Management, 1 (1) (2014), pp. 232-240.

LIN, A.; CHEN, N. **Cloud computing as an innovation: Perception, attitude, and adoption.** International Journal of Information Management, (2012) <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.04.001>

LIN, D.; LEE, C. K. M.; LIN, K. **Research on Effect Factors Evaluation of IoT (IOT) Adoption in Chinese Agricultural Supply Chain.** IEEE IEEM., (2016), pp. 612-615.

LIN, Hanhui et al. **The Construction of a Precise Agricultural Information System Based on IoT.** International Journal of Online Engineering, (2015) <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v11i6.4847>

MASOOD, T.; EGGER, J. **Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors.** Robotics and Computer-integrated Manufacturing, (2019) <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2019.02.003>

MEKALA, M. S; VISWANATHAN, P. **A Survey: Smart Agriculture IoT with Cloud Computing,** IEEE. Vellore, 2017.

NAMISIKO, P.; MUNIALO, C.; NYONGESA, S. **Towards an Optimization Framework for E-Learning in Developing Countries: A Case of Private Universities in Kenya.** Journal of Computer Science and Information Technology, 2 (2) (2014), pp. 131-148.

OJHA, T.; MISRA, S.; RAGHUWANSHI, N. S. **Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges.** Computers and Electronics in Agriculture (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.08.011>

OLIVEIRA, T; MARTINS, M. F. **Literature Review of Information Technology Adoption Models at Firm Level.** The Electronic Journal Information Systems Evaluation, 1 (14) (2011), pp. 110-121.

PANDURU, K. et al. **IoT: A review from "Farm to Fork".** Imar Technology Gateway. Kerry. 2019.

RAY, P. P. **IoT for smart agriculture: Technologies, practices and future direction.** Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, (2017) pp. 395-420.

SUN, S; CEGIELSKI, C. G.; JIA, L.; HALL, D. J. **Understanding the Factors Affecting the Organizational Adoption of Big Data.** Journal of Computer Information Systems, (2016) <http://dx.doi.org/10.1080/08874417.2016.1222891>.

VENKATESH, V. et al. User acceptance of information technology: toward a unified view. **Management Information Systems Research Center**, 27 (3) (2003), pp. 425-478.

YIN, Robert K. **Case Study Research: design and methods.** Thousand Oaks, California: Sage Publications, 2014.

ZHAO, W.; WANG, C.; NAKAHIRA, Y. **Medical application on IoT.** In: ICCTA2011, Tokyo e Beijing (2011). pp. 1-6.