



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 20 – Ano X – 10/2021
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Técnicas de Engenharia do Conhecimento Aplicadas à Agricultura Inteligente: uma revisão

Braz da Silva Ferraz Filho
Doutorando em Engenharia e Gestão do Conhecimento
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC/SC - Brasil
Técnico em Tecnologia da Informação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense - Campus Santa Rosa do Sul – IFC - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4671897065529634>
E-mail: braz.ferraz@gmail.com

Thalita Bez Batti de Souza
Doutoranda em Engenharia e Gestão do Conhecimento
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC/SC - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6104329592386017>
E-mail: thalitabbs@gmail.com

Alexandre Leopoldo Gonçalves
Doutor em Engenharia de Produção
Docente da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/SC - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5138758521691630>
E-mail: a.l.goncalves@ufsc.br

Resumo: Destacando a agricultura como um importante meio de produção, a inserção de técnicas inovadoras nesta área pode auxiliar um melhor manejo dos cultivos e o rendimento das safras. A Internet das Coisas tem ganhado destaque na agricultura e, em conjunto com a aplicação de outras técnicas relacionadas às Tecnologias da Informação e Comunicação, fez surgir um novo conceito agrícola, o da Agricultura Inteligente. Desta forma, o artigo em questão busca identificar quais as técnicas e práticas relacionadas à Engenharia do Conhecimento são empregadas

na Agricultura Inteligente. Para atingir este objetivo, foi realizada uma revisão sistemática de literatura, utilizando como fonte de recuperação de informação as bases de dados IEEE, Scopus e Web of Science, e como recorte temporal as produções dos últimos 5 anos. Como resultado, foram encontradas 18 produções sobre o tema, as quais, após passarem por análise bibliográfica e descritiva, foram analisadas quanto às principais técnicas agrícolas utilizadas. Como conclusões, o estudo aponta que a Agricultura Inteligente, aliada às técnicas de Engenharia do Conhecimento, tem capacidade de potencializar as produções agrícolas, disponibilizando ao agricultor melhores informações sobre as safras e a gestão dos cultivos, auxiliando na tomada de decisão.

Palavras-chave: Agricultura Inteligente. Engenharia do Conhecimento. Tecnologias da Informação e Comunicação. Técnicas. Gestão agrícola.

Introdução

A agricultura é um setor de destaque para a sociedade, uma vez que a produção de alimentos é essencial para a manutenção da vida. Além disso, o setor agrícola exerce um relevante impacto no cenário econômico mundial. Ao longo dos anos, a agricultura foi se expandindo, deixando de ser voltada à subsistência e tornando países como o Brasil, por exemplo, um dos grandes exportadores de *commodities* do mundo.

Um dos desafios da atualidade refere-se à produção de alimentos em uma escala cada vez maior para atender à demanda crescente da população. Segundo dados das Nações Unidas (UNITED NATIONS, 2019) a projeção da população para o ano de 2020 é de quase 7,8 bilhões de pessoas, sendo que, para os próximos anos, a expectativa é que a Terra conte com uma população de aproximadamente 8,6 bilhões de pessoas em 2030 e 9,4 bilhões em 2040, isto é, são quase 2 bilhões a mais de seres humanos em apenas 20 anos. Ao mesmo tempo em que representa um ambiente de oportunidades, o aumento da demanda implica maior sofisticação dos métodos para que se produza mais, com menos recursos (sobretudo os naturais), destacam Pham e Stack (2018).

Neste cenário de expansão, além da preocupação com a produção de alimentos, tornou-se fundamental repensar o impacto que as ações ligadas à agricultura têm no meio ambiente.

O uso intensivo de tecnologias tem sido um aliado no aprimoramento das técnicas agrícolas, as quais são capazes de alavancar a produtividade, seja por

meio de um melhor conhecimento do solo e das condições climáticas, pela previsão de rendimento da colheita, ou ainda pela utilização de inteligência artificial para o combate de pragas nas lavouras.

Conforme O'Grady e O'Hare (2017), uma ampla gama de técnicas de inteligência computacional tem sido empregada para o desenvolvimento de modelos para a agricultura. Os autores destacam o aprendizado de máquinas e a internet das coisas como as principais ferramentas para o monitoramento das plantações e seu consequente aprimoramento, seja por meio de redes neurais capazes de controlar a irrigação das plantações, seja por meio de drones que capturam imagens para o acompanhamento das safras.

As máquinas agrícolas estão sendo equipadas com sensores e câmeras que são capazes de capturar dados sobre o solo, como umidade, temperatura, rendimento, taxa de pulverização de pesticidas, dentre outras informações. Esta análise detalhada de dados é conhecida como agricultura de precisão (PHAM; STACK, 2018).

A aplicabilidade de tecnologia e a agricultura de precisão estão incorporadas dentro do conceito de agricultura inteligente que, segundo Pivoto et al. (2018), envolve a aplicação de tecnologias de informação e comunicação em máquinas e equipamentos para uso em sistemas agrícolas visando a automação dos processos.

Existem esforços quanto ao desenvolvimento de um sistema de amplo domínio para a agricultura inteligente, isto é, um modelo que possa ser utilizado em diferentes tipos de cultivos para as mais variadas finalidades; entretanto, a falta de exemplos de aplicabilidade para fins comerciais faz com que, até mesmo a utilização de modelos já existentes, seja esporádica, incipiente (O'GRADY; O'HARE; 2017).

Neste cenário, a Engenharia do Conhecimento (EC) surge como uma aliada ao desenvolvimento e à aplicação de soluções tecnológicas pautadas em conhecimento e voltadas à resolução pontual de problemas. Conforme destacam Boeres et al. (2014), o termo Engenharia do Conhecimento é oriundo da área de Inteligência Artificial e, atualmente, está focado à codificação do conhecimento, isto é, a EC é o processo pelo qual o conhecimento é modelado e representado explicitamente, seja por meio de um determinado sistema de informação. As autoras ressaltam ainda a característica multidisciplinar dos projetos de EC uma vez que

eles buscam as contribuições de áreas distintas, para que haja colaboração de diversas fontes de conhecimento.

Desta forma, a aplicação de métodos e técnicas de Engenharia e Gestão do Conhecimento no desenvolvimento da agricultura inteligente pode propiciar o compartilhamento de modelos que orientem produtores de diferentes culturas quanto ao manejo eficiente e sustentável de suas produções. Assim, este artigo busca investigar, por meio de uma revisão sistemática de literatura, quais são as técnicas e métodos de Engenharia do Conhecimento aplicados à agricultura atualmente.

A revisão sistemática de literatura é um estudo abrangente, o qual deve ser construído de maneira a divulgar os critérios adotados, para que outros pesquisadores possam replicar o método. Segundo Galvão e Pereira (2014), a Revisão Sistemática segue um método científico e apresenta resultados novos, o que a torna um modelo de contribuição original, ainda que ela seja fruto de um estudo com base em outros dados. "As revisões sistemáticas são consideradas estudos secundários, que têm nos estudos primários sua fonte de dados" (GALVÃO; PEREIRA, 2014, p.183).

Em consonância, Garcia (2014) afirma que as Revisões Sistemáticas são realizadas a partir de um questionamento de pesquisa por meio do qual serão identificados e avaliados estudos que atendam aos critérios previamente estabelecidos. A autora salienta ainda a importância de se utilizarem métodos de maneira a minimizar os vieses e tornar o resultado da pesquisa mais confiável, com vistas à usabilidade para a tomada de decisão.

Para esta pesquisa foram utilizadas três bases de dados internacionais como fonte de recuperação da informação, sendo elas: Scopus, IEEE e *Web of Science* (WoS). O intuito é investigar quais métodos e técnicas associadas a Engenharia do Conhecimento são aplicadas na agricultura inteligente com base na literatura existente.

O artigo está estruturado na seguinte forma: primeiramente são apresentados os procedimentos metodológicos; na sequência são expostos os resultados das buscas e análise bibliométrica; em seguida é realizada a explanação do conteúdo dos trabalhos incluídos no estudo; e por fim, são retratadas as considerações finais, que fazem o fechamento do trabalho.

Metodologia

O presente estudo é classificado como quantitativo em sua abordagem e de natureza básica. Quanto aos objetivos, esta pesquisa é do tipo exploratória e, quanto aos procedimentos, caracteriza-se como bibliográfica. Esta pesquisa tem o intuito de buscar na literatura pesquisas relacionadas à Agricultura Inteligente associadas às técnicas de Engenharia do Conhecimento. Utilizou-se a Revisão Sistemática de Literatura como forma de investigação científica para alcançar o objetivo exposto.

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL), de cunho exploratório, é um método utilizado para identificar temas centrais de uma pesquisa; utiliza critérios bem estabelecidos, com o intuito de recuperar produções científicas de determinado assunto bem como estudos similares, possibilitando avaliação e exploração destas informações (MEDINA; PAILAQUILÉN, 2010).

A RSL pode ser apontada como a fase inicial de formação do conhecimento científico, pois através deste método é possível verificar lacunas em determinado campo de estudo, oportunizando o desenvolvimento de novas teorias e pesquisas. Esta técnica é passível de reprodução, uma vez que os seus procedimentos são bem especificados (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011).

Além da RSL, é aplicada a análise bibliométrica nas produções incluídas na pesquisa. De acordo com Araújo e Alvarenga (2011), este tipo de análise realiza uma verificação quantitativa dos estudos por meio de indicadores, o que pode evidenciar o crescimento de determinada área do conhecimento.

Nas próximas seções, são elencados os procedimentos adotados para realizar a Revisão Sistemática, seguido da análise bibliométrica e da descrição das produções incluídas na pesquisa.

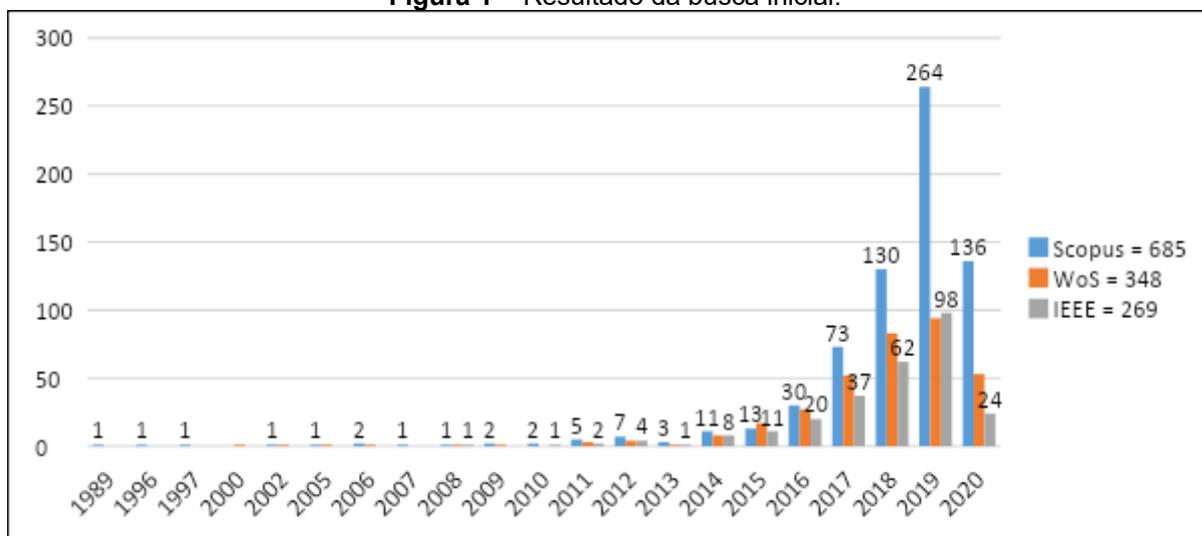
Procedimentos adotados e análise dos resultados

No levantamento das produções acerca do tema, foram utilizadas três bases de dados: IEEE Xplore, *Web of Science* (WoS) e Scopus. O acesso às bases foi realizado por meio do Portal Capes, conectado à rede da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no mês de junho de 2020.

Como citado anteriormente, o objetivo da pesquisa é a identificação de produções de cunho acadêmico-científico sobre Agricultura Inteligente associada às técnicas de Engenharia do Conhecimento. Para atingi-lo, usou-se o termo composto “*smart farming*” e “*intelligent farming*”, ambos relacionados à temática central do estudo. Os termos foram pesquisados em títulos, resumos e palavras-chave das obras nas três bases de dados, usando o operador booleano OR. Posteriormente, foram adicionados filtros para encontrar as produções mais alinhadas ao objeto de estudo.

A etapa inicial das buscas constituiu-se de adicionar os termos “*smart farming*” e “*intelligent farming*” nas três bases, obtendo um resultado de 1.302 trabalhos. Destes, 685 provenientes da base de dados Scopus, 348 da *Web of Science* e 269 da IEEE Xplore. O recorte temporal da produção relacionada à Agricultura Inteligente pode ser observado na Figura 1. Os estudos referentes ao tema tiveram início no ano de 1989, porém com uma produção escassa, que teve um crescimento evidente apenas em meados de 2016.

Figura 1 – Resultado da busca inicial.



Fonte: Dados da pesquisa.

Levando em consideração o ano em que se observou um aumento nas produções, foi adicionado um novo filtro para selecionar os trabalhos entre 2016 e 2020, o que resultou em 1183 documentos. Os próximos filtros foram apenas para eleger documentos no formato artigo, nos idiomas inglês, espanhol ou português,

totalizando 396 estudos nas três bases. Na Tabela 1 é possível verificar o resultado das pesquisas realizadas.

Tabela 1 – Resultado das buscas.

Base de Dados	Quantidade de produções
Scopus	233
Web of Science	132
IEEE Xplore	31

Fonte: Dados da pesquisa.

Após este resultado, todos os artigos foram exportados das bases e importados para o *software* gerenciador de referências Mendeley®, onde foi possível excluir artigos repetidos, o que resultou em 267 estudos. Em um primeiro momento, foram identificados se os artigos estavam de acordo com o tema de pesquisa, apresentando o termo Agricultura Inteligente no título, no resumo ou palavras-chave. As publicações que não estavam alinhadas à temática ou que eram artigos de revisão foram descartadas, obtendo um resultado de 91 estudos.

A partir dos 91 estudos remanescentes, foi realizada uma leitura em busca de produções que abordassem o tópico Agricultura Inteligente associada a uma das técnicas de Engenharia do Conhecimento. O produto desta etapa foram os 18 trabalhos restantes para a análise bibliométrica e descrição do conteúdo.

A Tabela 2 apresenta as informações bibliométricas gerais das 18 produções analisadas.

Tabela 2 – Resultado da bibliometria.

Informações obtidas	Quantitativo
Produções	18
País de origem	8
Autores	65
Instituições	24
Periódicos	13

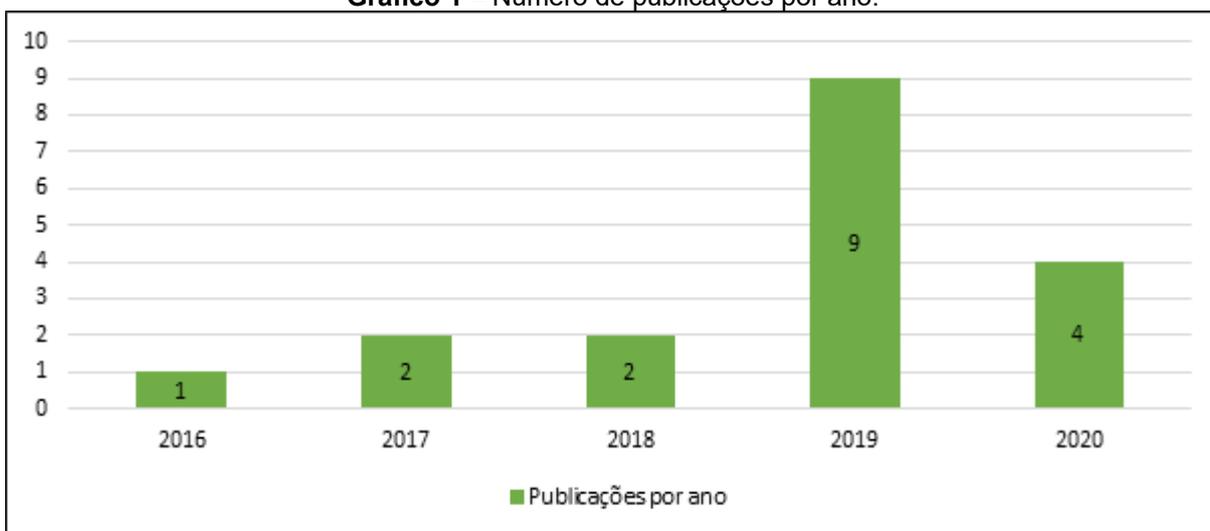
Fonte: Dados da pesquisa.

Como é possível observar a partir da Tabela 2, as produções são oriundas de 8 países e foram elaboradas por 65 autores, os quais estão vinculados a 24 instituições. Além disso, estes 18 estudos foram publicados em 13 periódicos distintos.

Na próxima etapa, as produções eleitas foram classificadas e ordenadas por ano de publicação. A partir da observação do Gráfico 1, verifica-se que o ano de

2019 destaca-se dos demais, o que é um indicativo de interesse de pesquisas relacionadas à Agricultura Inteligente usando técnicas de EC. Como a pesquisa foi realizada em junho de 2020, provavelmente no referido ano o número de publicações será ascendente.

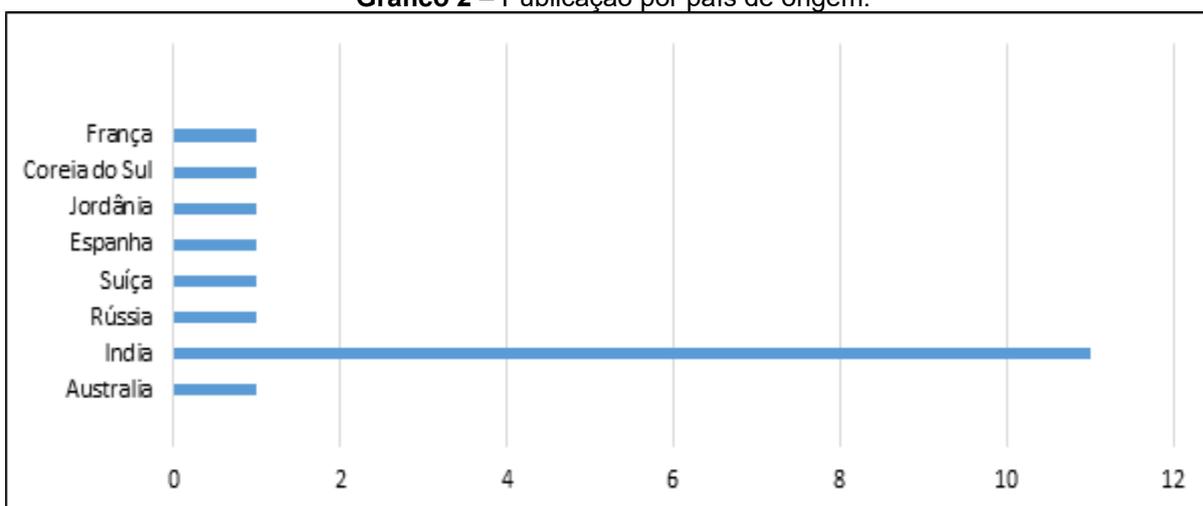
Gráfico 1 – Número de publicações por ano.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na análise seguinte, são apresentados os números de publicações por país de origem. O país de destaque em número de publicações é a Índia, totalizando 12 obras, enquanto os demais países publicaram somente 1 trabalho cada.

Gráfico 2 – Publicação por país de origem.



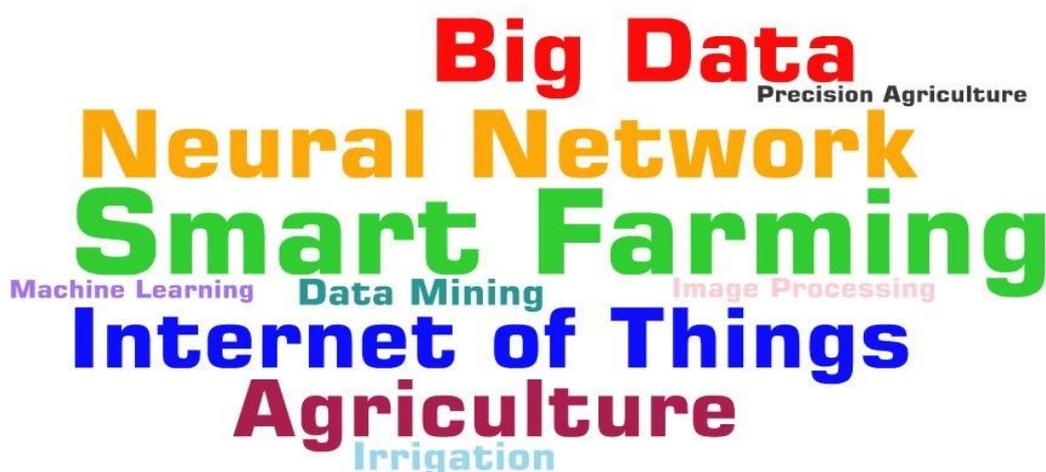
Fonte: Dados da pesquisa.

Este número elevado de pesquisas sobre o tema Agricultura Inteligente na Índia pode estar relacionado à importância deste setor em sua economia, como é

possível identificar em estudos como o de Nawandar e Satpute (2019), que afirmam que a prática agrícola representa mais de 50% da receita do país.

Para a etapa final da análise bibliométrica, foram analisadas as *keywords* (palavras-chave) elaboradas pelos autores. Os 10 termos predominantes encontrados nas produções podem ser observados na Figura 2.

Figura 2 - Nuvem de palavras com os termos em destaque nas produções.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As palavras que têm maior destaque são *Smart Farming* (Agricultura Inteligente), *Internet of Things*, *Agriculture* e algumas técnicas de EC como *Big Data*, *Data Mining*, *Machine Learning*, *Neural Networks* dentre outros termos. Na próxima seção, será realizada a análise dos 18 estudos incluídos na RSL, bem como serão elencadas as técnicas computacionais que podem ser associadas à Engenharia do Conhecimento.

Análise descritiva

Com a análise descritiva, objetiva-se elucidar o conteúdo dos 18 estudos incluídos na pesquisa, identificando as técnicas de Engenharia do Conhecimento aplicadas à prática agrícola, o que é, basicamente, o conceito de *smart farming*.

Segundo Jayaeamn et al. (2016), *smart farming* é o uso de TICs e análise de *big data* no enfrentamento de desafios, seja por meio do monitoramento dos solos e das condições ambientais, ou por meio do monitoramento eletrônico da fertilização e

irrigação. Em consonância, Budaev et al. (2018) afirmam que *smart farming* é um recurso de inteligência artificial responsável por tornar mais fácil a aprendizagem das melhores práticas da agricultura e a tomada de decisão.

A utilização de tecnologias para apoiar a tomada de decisão é fundamental frente às adversidades encontradas na produção de alimentos. Jayaraman et al. (2016) afirmam que a utilização de soluções tecnológicas que auxiliem a compreensão e a previsão de safras é indispensável como forma de melhorar a produtividade das fazendas, tendo em vista o crescimento da demanda por alimentos. Em seu estudo, os autores trazem os dispositivos conectados à rede, bem como a internet das coisas, como ferramentas capazes de registrar muitas informações, como séries temporais, as quais podem ser utilizadas na previsão de modelos e em recomendações personalizadas de cultivo para diferentes fazendas.

Patil e Sakkaravarthi (2017) também discutem sobre a previsão da produtividade por meio da tecnologia. Os autores propõem a utilização de uma rede neural artificial, com sensores espalhados pela plantação. Os sensores são programados para coletar informações sobre temperatura, pressão, umidade, quantidade de chuva, dentre outros parâmetros possíveis. Além dos benefícios relacionados à produção de alimentos, o estudo traz ainda mais benefícios proporcionados pelo que os autores chamam de "fazendas conectadas". Segundo eles, esta modalidade de cultivo proporciona o compartilhamento de conhecimento entre produtores com maior e menor grau de experiência em determinados tipos de plantação, o que possibilita maior facilidade no reconhecimento de doenças nas lavouras, por exemplo. Dentro deste contexto, Patil e Sakkaravarthi (2017) defendem o uso de compressão de dados e técnicas de filtragem, bem como a utilização de algoritmos de aprendizagem para a criação de uma agricultura inteligente.

Para Chandak e Agrawal (2017) a agricultura inteligente refere-se a um sistema moderno de uso e de desenvolvimento de técnicas que são capazes de maximizar a produção das plantações por meio do empoderamento do agricultor quanto à obtenção de conhecimento referentes à irrigação, à fertilização e ao uso de pesticidas para a tomada de decisão, ou seja, é tornar a produção mais independente da intervenção humana. Em sua pesquisa, os autores focaram no uso de *data mining*, de clusterização e de algoritmos, visando a maximização da produtividade sem desperdícios de recursos. O uso de *data mining* está ligado ao

mapeamento e processamento de todos os dados e, no modelo proposto pelo artigo, é utilizado para encontrar correlações ou padrões entre os campos de cultivo e os bancos de dados relacionais.

Se por um lado o uso de pesticidas é de extrema importância no combate às pragas que destroem as plantações, esta prática causa preocupações relativas ao impacto que causa, tanto ao meio ambiente, quanto ao que está nos arredores, como as plantações que não necessitam dos pesticidas. Desta forma, Sa et al. (2018) propõem a utilização de micro veículos aéreos para a captação de imagens multiespectrais de ervas daninhas. Usando redes neurais convolucionais, o sistema desenvolvido, denominado SegNet, infere classes semânticas das imagens, classificando-as. Desta forma, é possível identificar as ervas daninhas e combatê-las especificamente, diminuindo os danos às plantas que estão no entorno. Esta identificação de padrões por meio de drones também é defendida por Budaev et al. (2018), os quais também acrescentam a utilização de satélites nas plantações como forma de melhorar a qualidade e os sistemas de precisão.

Assim como Sa et al. (2018), Prema e Belinda (2019) também realizaram um estudo sobre a utilização de redes neurais para a identificação de doenças nas lavouras. No modelo apresentado pelas autoras, são captadas imagens das folhas das plantas por meio de sensores e de câmeras, as quais repassam informações quanto à cor, forma, tamanho, e textura. Os dados coletados são salvos em um banco de dados para posterior diagnóstico e as imagens captadas servem para treinamento e teste da rede neural, a qual irá comparar os aspectos foliares. Desta forma, as autoras apresentam o processamento de imagens unido à *IoT*, como fortes aliados na detecção de doenças das folhas das plantas. O intuito de Prema e Belinda (2019) é implementar tecnologias de processamento de imagens, redes neurais e *IoT*, tornando o processo de análise das imagens mais fácil e automatizado uma vez que, atualmente, ele ainda é realizado manualmente, demandando tempo e recurso. Utilizando-se das soluções tecnológicas, é possível auxiliar os produtores a monitorar o campo e possíveis doenças nas plantações, disponibilizando conhecimento especializado e suporte para a tomada de decisão.

Ainda sobre a utilização dos micro veículos aéreos, citada anteriormente como uma das maneiras de controlar as pragas na lavoura, Kerkech, Hafiane e Canals (2020) abordaram em seu estudo a aplicação deste método para a detecção

de pragas em vinícolas. O diferencial apresentado pelos autores é o processo de aprendizagem de máquina, o qual irá permitir o reconhecimento das doenças nas plantações por meio das imagens captadas pelos drones.

Estes métodos, segundo Sa et al. (2018) e Budaev et al. (2018), formam o conceito da agricultura de precisão, a qual deve ter um maior investimento no desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de maximizar a produção e minimizar o impacto ambiental, conforme destacam os primeiros autores.

A agricultura de precisão é apresentada por Budaev et al. (2018) como um sistema complexo, adaptativo e de incerteza dinâmica em que o conhecimento está sendo, quase que concomitantemente, formado e experimentado. Em consonância com os autores que veem na agricultura de precisão o futuro das plantações, Budaev et al. (2018) afirmam que esta modalidade é vista como um recurso para suprir a demanda crescente por alimentos frente ao aumento populacional e às mudanças climáticas.

O conceito de aprendizado de máquina que, anteriormente foi abordado junto ao uso de drones, também foi explanado por Heera et al. (2020) em sua pesquisa, a qual traz um subconjunto desta abordagem, o *deep learning*, conceito que trata a capacidade de as redes aprenderem, por meio de dados não estruturados, sem nenhuma supervisão. O aprendizado profundo oferece muitos modelos para classificação e resolução de problemas. Em sua pesquisa, os autores trouxeram um exemplo de sistema capaz de mapear a plantação por meio de imagens e separar as ervas daninhas do restante da produção, o que viabiliza que os pesticidas sejam usados de maneira mais precisa, evitando o contato humano e possíveis danos à saúde do agricultor, bem como prejuízos à lavoura e ao meio ambiente.

Gnanasankaran e Ramaraj (2020) propõem o uso de algoritmos de aprendizagem de máquina para prever o rendimento das safras de arroz na Índia. O objetivo, segundo os autores, é a utilização de um modelo de *big data* e internet das coisas para monitorar as safras. O conceito de internet das coisas vem sendo abordado na literatura juntamente com a utilização de outras soluções tecnológicas, isto é, compreende-se que a internet das coisas não atua independentemente de outros aparatos. Segundo Sindhu e Indirani (2020), a *IOT* (sigla em inglês que significa *internet of things*) é uma ligação entre dispositivos externos e *softwares* que fornecem informações e oportunidades de integração entre o virtual e o físico,

minimizando o envolvimento humano. Para os autores, a utilização de *IOT* pode melhorar a produtividade da safra, sobretudo quando atua no controle de pragas, o que, conforme exposto, será fundamental para alimentar a população frente à crescente demanda por estes insumos. Em suas pesquisas, os autores propõem a construção de um modelo específico para identificação de doenças em plantações de frutas cítricas na Índia, utilizando-se de imagens dos frutos e das folhas capturadas por sensores, em conjunto com sistema de redes neurais para identificação da doença, que garantem uma precisão de 96,08%.

A agricultura da Índia também foi objeto de estudo de outros autores, como Nawandar e Satpute (2019a). Uma vez que a economia indiana depende fortemente da produção agrícola, há um especial interesse no desenvolvimento de modelos que sejam capazes de engajar a produção e diminuir os custos. Em seu artigo, Nawandar e Satpute (2019a) mencionam a agricultura 4.0 e a aplicação de tecnologias voltadas a aprimorar os sistemas de irrigação do solo como forma de utilizar os recursos hídricos de maneira mais assertiva. Eles ainda formularam um protótipo de baixo custo, aplicável tanto em culturas a céu aberto quanto em estufas, que monitora as plantações com sensores (umidade do solo, temperatura e umidade ambiente), detectando necessidades hídricas, além de realizar a irrigação inteligente dos cultivos de forma automatizada, tomando a decisão com base em um algoritmo de redes neurais. O sistema criado pelos autores disponibiliza visualização dos dados coletados em tempo real para que os usuários possam acompanhar remotamente. Os autores afirmam que com a aplicação do seu modelo, verificou-se uma economia de 67% de água em comparação aos sistemas tradicionais de irrigação.

A preocupação com o clima e as condições do solo na Índia foram abordadas por Tatapudi e Varma (2019) que, assim como Nawandar e Satpute (2019a), apresentaram um sistema de monitoramento via sensores para efetuar leituras de variáveis de precipitação, umidade do solo, temperatura, umidade e *ph*. O sistema utiliza-se da tecnologia de aprendizado de máquina (Regressão Linear, Árvores de Decisão, Floresta Aleatória, *Gradient Boosting*). O modelo proposto por Tatapudi e Varma (2019) realiza uma varredura nas variáveis por meio dos sensores e aplica os algoritmos sobre estes dados, os quais passam por testes e por treinamento para realizar a aprendizagem. Além disso, os dados coletados são comparados com

outros bancos de dados na internet. O sistema proposto pelos autores dá aos agricultores subsídios para a tomada de decisão a respeito da escolha do cultivo ideal para cada tipo de solo, o que propicia o aumento da taxa de produção.

Um estudo semelhante foi realizado por Rajeswari et al. (2019) que, abordaram a utilização de algoritmos análogos aos utilizados por Tatapudi e Varma (2019), incluindo Clusterização e Rede Bayesiana, voltados ao aprendizado de máquina como forma de reduzir custos da produção, gerar benefícios e preservar os recursos naturais.

Ramakrishna et al. (2019) corroboram com a preocupação dos autores supracitados sobre a respeito do monitoramento do solo para o aprimoramento da produção agrícola. Eles mencionam em seu artigo a utilização de técnicas relacionadas à agricultura de precisão, como os sistemas de geolocalização e à internet das coisas, como as redes de sensoriamento. Ramakrishna et al. (2019), tal como Tatapudi e Varma (2019) e Nawandar e Satpute (2019a), também apresentaram um modelo para realizar o monitoramento da lavoura. Em seu protótipo, os dados críticos para a produção são coletados e enviados para a nuvem e, após este procedimento, um algoritmo de aprendizado de máquina prevê os parâmetros ideais com base nas leituras dos dias anteriores, identificando a quantidade de água e as soluções de nutrientes necessárias para as plantas.

A inquietação dos pesquisadores a respeito dos recursos naturais propicia o desenvolvimento de mais pesquisas voltadas à ampliação de técnicas capazes de gerenciar os recursos e utilizá-los de maneira racional, sem que se diminua a produção agrícola, pelo contrário, é possível aumentá-la e até diminuir os custos gerais da lavoura. A respeito do tema, Alzu'bi et al. (2019), em sua pesquisa, desenvolveram um sistema inteligente (chamado de *Internet of Multimedia Things*) de sensoriamento para irrigação agrícola conectado à internet, que, além de otimizar a utilização de água, identificar níveis de umidade do solo, realiza o processamento de imagens, descobrindo plantas com folhas amareladas e borões no solo, que estão nesta condição devido à falta de água. Tal como os modelos dentro deste campo de estudo, e que foram apresentados nesta pesquisa, o protótipo de Alzu'bi et al. (2019) utiliza-se de técnicas de internet das coisas e aprendizado de máquina, o qual ocorre após a captação e testagem dos dados.

Além dos recursos hídricos, a agricultura gera impactos no meio ambiente sob outros aspectos e, por isso, o investimento em pesquisas em soluções inteligentes para a agricultura tem se mostrado fundamental como forma de garantir que os danos causados ao ecossistema não acompanhem o ritmo acelerado do desenvolvimento agrícola. Neste cenário, Baseca et al. (2019) afirmam que as pesquisas em tecnologia podem ajudar a reduzir os impactos, bem como preservar os recursos naturais. Conforme apontam em seu estudo, os autores acreditam que por meio da utilização de aplicações baseadas em IoT e conhecimentos de engenharia, por exemplo, é possível gerenciar e monitorar cultivos em tempo real, porém são necessários sistemas capazes de dar suporte à tomada de decisão inteligente com base em análise e mineração de dados, como de *Big Data*.

A partir destas considerações, os pesquisadores desenvolveram uma ferramenta capaz de facilitar a tomada de decisões para irrigação de cultivos com base em dados do campo e parâmetros de condições climáticas. A coleta de dados de campo é efetuada por diversos dispositivos de sensoriamento e transmitidos para o sistema, no qual é efetuado o processamento para tomada de decisão inteligente, com base em aprendizagem. Outro benefício que a plataforma apresenta é o fato de poder ser controlada remotamente, além de oferecer rede de dados aberta para troca de informações sobre agricultura inteligente orientada aos agricultores.

O aumento de pesquisas na área tecnológica são essenciais para que a atividade agrícola possa se desenvolver de maneira sustentável, buscando a utilização racional dos recursos, bem como a maximização da produção. A preocupação a respeito da escassez em pesquisas foi objeto do estudo de Park, Na e Cho (2019), sobretudo no que diz respeito à aplicação de técnicas de *big data*. Os autores reconhecem que a técnica é complexa e que exige uma análise confiável dos dados, o que é ainda uma tarefa desafiadora tanto para os pesquisadores, quanto para os agentes envolvidos com as práticas agrícolas.

Desta forma, sugerem, em seu artigo, o emprego de um sistema que utiliza internet das coisas, *big data* e computação em nuvem, e que, fazendo uso de estatística, objetiva encontrar informações que sejam úteis para o contexto agrícola.

Em sua pesquisa, foram coletados dados de estufas de seis fazendas de tomate por meio de sistemas de sensores e radares, os quais verificaram os fatores ambientais (temperatura, umidade, nível de CO₂, radiação solar) e de crescimento

(quantidade e aspectos das folhas, como largura, comprimento e quantidade, além da espessura do caule), a fim de constatar o rendimento da produção e os aspectos que afetam esse desenvolvimento, utilizando-se de técnicas de reconhecimento de padrões e estabelecendo relações entre os fatores que podem afetar o desenvolvimento do cultivo.

Os autores concluíram que os dados coletados possuem forte influência no crescimento da cultura do tomate, o que indica a relevância de se verificar estes parâmetros, a fim de criar uma estratégia de produção baseada em dados, capaz de aumentar a produtividade desta cultura. O desenvolvimento de pesquisas na agricultura, desta forma, se mostra como um aliado aos agricultores em relação à tomada de decisões a respeito do cultivo.

A falta de inserção de tecnologias também foi abordada por Nawandar e Satpute (2019b) para descrever o problema indiano com a produção deficitária de alimentos para atender à sua população. Conforme já abordado anteriormente, a agricultura exerce um papel fundamental na economia da Índia, representando mais de 50% do seu setor de produção, conforme apontam Nawandar e Satpute (2019b) e, no entanto, devido às perdas nas lavouras, faltam alimentos para os indianos. Os autores citam, além da falta de tecnologia, a falta de conhecimento para a gestão, sobretudo relacionado aos recursos hídricos, que são escassos.

Dentro deste contexto, Nawandar e Satpute (2019b) apresentaram em seu estudo um modelo de gerenciamento de irrigação por meio de sensores, atuadores e redes neurais. O sistema proposto coleta as informações do solo por meio dos sensores e envia os dados para um servidor, onde são aplicadas técnicas de redes neurais. No servidor também são analisados os parâmetros ideais e o sistema realiza a tomada de decisão, notificando os usuários/agricultores para acionarem os atuadores para irrigação das plantações.

Como resultado, os autores verificaram que o sistema tem uma taxa de acerto de 98%, sendo possível aplicar o modelo em ambientes reais de cultivo, bem como monitorar fazenda em relação à irrigação e a outras variáveis que podem ser inseridas de acordo com a necessidade de cada lavoura.

Desta forma, é possível destacar que o desenvolvimento de pesquisas é essencial em todo tipo de cultivo, uma vez que as experiências vividas por um agricultor em sua produção podem ser repassadas a um outro produtor e, além

disso, os sistemas, sobretudo os que trabalham com aprendizagem e redes neurais, são facilmente adaptáveis a variadas formas de plantações.

Após a análise dos artigos selecionados foi possível identificar as principais técnicas de Engenharia do Conhecimento abordadas pelos autores, sendo elas: *big data*, *neural network*, *machine learning*, *deep learning*, *artificial intelligence*, *data mining*. O Quadro 1 elenca o tipo de técnica apresentada em cada um dos 18 artigos selecionados para a elaboração desta revisão.

Quadro 1 – Identificação de técnicas de EC.

Autoria	Técnicas Identificadas					
	Big Data	Neural network	Machine Learning	Deep Learning	Artificial Intelligence	Data Mining
Jayaraman, P. P. <i>et al.</i> (2016)	X					
Patil, S. M.; Sakkaravarthi, R. (2017)		X	X			
Chandak, P. P.; Agrawal, A. J. (2017)			X			X
Sa, I. <i>et al.</i> (2018)		X				
Budaev, D. <i>et al.</i> (2018)					X	
Nawandar, N.K.; Satpute, V. R. (2019a)		X				
Baseca, C.C. <i>et al.</i> (2019)	X					
Nawandar, N. K.; Satpute, V. R. (2019b)		X				
Ramakrishna, C. <i>et al.</i> (2019)			X			
Tatapudi, A.; Varma, P. Suresh (2019)			X			
Rajeswari, S.R. <i>et al.</i> (2019)		X	X			
Prema, K.; Belinda, C.M. (2019)		X				
AlZu'bi, S. <i>et al.</i> (2019)			X	X		
Park, Y.; Na, M.H.; Cho, W. (2019)	X					
Kerkech, M.; Hafiane, A.; Canals, R. (2020)			X			
Heera, S.S. <i>et al.</i> (2020)			X	X		
Gnanasankaran, N.; Ramaraj, E. (2020)	X		X			
Sindhu, P.; Indirani, G. (2020)		X				

Fonte: Elaborada pelos autores.

É possível verificar que a técnica de *machine learning* foi utilizada em nove dos dezoito artigos selecionados, ou seja, esta foi a técnica mais empregada na busca por soluções inteligentes para a agricultura.

O aprendizado de máquina foi mostrado nos estudos como uma solução tanto para identificar pragas nas plantações, quanto para a utilização racional de recursos hídricos nas lavouras, isto porque esta técnica se utiliza de algoritmos capazes de identificar padrões e repeti-los. Goodfellow, Bengio e Courville (2016) destacam que estes parâmetros são configurados fora da máquina e do próprio algoritmo de aprendizado.

A definição de aprendizado de máquina, afirma Pineda-Jaramillo (2019), encobre um grupo de métodos que, por meio de um conjunto de dados, permite que os computadores construam modelos capazes de detectar padrões com base em informações estatísticas.

Neste contexto, alguns autores abordaram a utilização de redes neurais e sensores capazes de coletar informações relevantes das plantações, formando um conjunto de dados que, posteriormente, seriam testados e utilizados para que as máquinas aprendessem a reconhecer os mais variados tipos de padrões, sendo capazes de fornecer aos usuários um acompanhamento fidedigno das condições da lavoura, de maneira a dar suporte à tomada de decisão.

Considerações finais

O conceito de agricultura tem evoluído ao longo dos anos, passando do contexto familiar, ligado à subsistência, para alcançar o que está sendo chamado de agricultura inteligente: uma forma de aprimorar o cultivo tornando as lavouras mais produtivas, sustentáveis e, cada vez mais tecnológicas.

As técnicas de Engenharia do Conhecimento identificadas nos 18 artigos selecionados para este estudo são empregadas com esta finalidade, destacando, sobretudo, o papel destas soluções de TI quando empregadas em países em que a agricultura ocupa lugar de destaque na economia.

Conforme demonstrado nos artigos, as técnicas estão relacionadas e, quando utilizadas de maneira personalizada, isto é, voltadas para cada tipo de cultivo, têm papel relevante no amparo aos tomadores de decisão. Cabe salientar, entretanto, que a personalização é facilitada pelo próprio tipo de tecnologia utilizada. A aprendizagem de máquina, por exemplo, que foi amplamente citada nos artigos

apresentados nesta revisão, é capaz de atender a múltiplos tipos de plantação, apenas por meio da reprogramação dos parâmetros utilizados.

A aplicação de dados da lavoura em benefício da própria lavoura permite que os agricultores tornem suas produções autônomas, além de viabilizar o planejamento da compra de insumos e o conhecimento sobre a produtividade da safra.

Referências

ALZU'BI, S. *et al.* An efficient employment of internet of multimedia things in smart and future agriculture. **Multimedia Tools and Applications**, [s.l.], v. 78, n. 20, p. 29581-29605, fev. 2019.

ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p.51-70, maio 2011.

BASECA, C. C. *et al.* A smart decision system for digital farming. **Agronomy**, [s.l.], v. 9, n. 5, p. 216-234, abr. 2019.

BOERES, S. A. A. A Engenharia do Conhecimento e a Ciência da Informação. **Biblios: Journal of Librarianship and Information Science**, [s.l.], n. 57, p. 59-66, maio 2014.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, [s.l.], v. 5, n. 11, p.121-136, 2 dez. 2011.

BUDAEV, D. *et al.* Conceptual design of smart farming solution for precise agriculture. **International journal of design & nature and ecodynamics**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 307-314, ago. 2018.

CHANDAK, P. P.; AGRAWAL, A. J. Smart farming system using data mining. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**, [s.l.], v. 2, n. 6, p. 376-380, jun. 2016.

CODELUPPI, G. *et al.* LoRaFarM: a lorawan-based smart farming modular iot architecture. **Sensors**, [s.l.], v. 20, n. 7, p. 2028-2052, abr. 2020.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183-184, mar. 2014.

- GARCIA, L. P. Revisão sistemática da literatura e integridade na pesquisa. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 7-8, mar. 2014 .
- GNANASANKARAN, N.; RAMARAJ, E. The effective yield of paddy crop in Sivaganga district: an initiative for smart farming. **International journal of scientific & technology research**, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 6452-6455, fev. 2020.
- GOODFELLOW; I., BENGIO; Y.; COURVILLE, A. **Deep learning**. MIT Press, 2016. Disponível em: <http://www.deeplearningbook.org/>. Acesso em: jan. 2021.
- HASEEB, K. *et al.* An energy efficient and secure IoT-based WSN framework: an application to smart agriculture. **Sensors**, [s.l.], v. 20, n. 7, p. 2081-2094, abr. 2020.
- HEERA, S. S. *et al.* Smart farming using deep learning technique. **International Journal of Control and Automation**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 771-775, 2020.
- JAYARAMAN, P. P. *et al.* Internet of Things platform for smart farming: experiences and lessons learnt. **Sensors**, [s.l.], v. 16, n. 11, p. 1884-1900, nov. 2016.
- KERKECH, M.; HAFIANE, A.; CANALS, Raphael. Vine disease detection in UAV multispectral images using optimized image registration and deep learning segmentation approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, [s.l.], v. 174, p. 105446-105460, jul. 2020.
- MEDINA, E. U.; PAILAQUILÉN, R. M. B. Systematic Review and its Relationship with Evidence-Based Practice in Health. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.824-831, ago. 2010.
- NAWANDAR, N. K.; SATPUTE, V. R. IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system. **Computers and Electronics in Agriculture**, [s.l.], v. 162, p. 979-990, jul. 2019a.
- NAWANDAR, N. K.; SATPUTE, V. R. IoT based intelligent irrigation support system for smart farming applications. **Advances in distributed computing and artificial intelligence journal**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 73-85, 14 mar. 2019b.
- O'GRADY, M. J.; O'HARE, G. M. P. Modelling the smart farm. **Information processing in agriculture**, v. 4, n. 3, p. 179-187, 2017.
- PARK, Y.; NA, M. H.; CHO, Wanhyun. Determination on environmental factors and growth factors affecting tomato yield using pattern recognition techniques. **Multimedia Tools and Applications**, [s.l.], v. 78, n. 20, p. 28815-28834, jan. 2019.
- PATIL, Suhas M.; SAKKARAVARTHI, R. Internet of things based smart agriculture system using predictive analytics. **Asian journal of pharmaceutical and clinical research**, [s.l.], v. 10, n. 13, p. 148-152, abr. 2017.
- PHAM, X.; STACK, Martin. How data analytics is transforming agriculture. **Business Horizons**, v. 61, n. 1, p. 125-133, 2018.

PINEDA-JARAMILLO, J. D. A review of Machine Learning (ML) algorithms used for modeling travel mode choice. **Dyna rev.fac.nac.minas**, [s.l.], v. 86, n. 211, p. 32-41, out. 2019.

PIVOTO, D. *et al.* Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information processing in agriculture**, v. 5, n. 1, p. 21 - 32, jan. 2018.

PREMA, K.; BELINDA, M. C. Smart Farming: IoT Based Plant Leaf Disease Detection and Prediction using Deep Neural Network with Image Processing. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, [s.l.], v. 8, n. 9, jul. 2019.

RAJESWARI, S.R. *et al.* Smart farming prediction using machine learning. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, [s.l.], v. 8, n. 7, p. 190-194, maio 2019.

RAMAKRISHNA, C. *et al.* IoT based smart farming using cloud computing and machine learning. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 3455-3458, nov. 2019.

SA, I. *et al.* WeedNet: dense semantic weed classification using multispectral images and mav for smart farming. **Ieee Robotics and Automation Letters**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 588-595, jan. 2018.

SINDHU, P.; INDIRANI, G. IOT with cloud based smart farming for citrus fruit disease classification using optimized convolutional neural networks. **International Journal on Emerging Technologies**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 52-56, 2020.

SUBASHINI, M. M. *et al.* Internet of Things based wireless plant sensor for smart farming. **Indonesian journal of electrical engineering end computer science**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 456-468, maio 2018.

TATAPUDI, A.; VARMA, P. S. Prediction of crops based on environmental factors using IoT & machine learning algorithms. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 9, n. 1, p. 5395-5401, nov. 2019.

UNITED NATIONS. **Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics**. 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/DataQuery/>. Acesso em: 05 dez. 2020.

XIN, J.; ZAZUETA, F. Technology trends in ICT – towards data-driven, farmer-centered and knowledge-based hybrid cloud architectures for smart farming. **AgricEngInt: CIGR Journal**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 275-279, dez. 2016.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2021

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424