

8 - 3 | 2020

Inovação de produto e de processo no tomate de estufa: monitorização em tempo real de parâmetros agronómicos

Product and process innovation in greenhouse tomato: real-time monitoring of agronomic parameters

Innovación de producto y proceso en tomate de invernadero: monitorización en tiempo real de parámetros agronómicos

João Jesus | Guilherme Martins | Raquel Saraiva | José Grego | Margarida Oliveira

Electronic version

URL: <https://revistas.rcaap.pt/uiips/> ISSN: 2182-9608

Publisher

Revista UI_IPSantarém

Printed version

Date of publication: **31st October 2020** Number of pages: **49-59**

ISSN: : 2182-9608

Electronic reference

Jesus, J., Martins, G., Saraiva, R., Grego, J. & Oliveira, M. (2020). *Inovação de Produto e de Processo no tomate de estufa: Monitorização em tempo real de parâmetros agronómicos*. Revista da UI_IPSantarém. Edição Temática: Ciências Naturais e do Ambiente. 8(3), 49-59. <https://revistas.rcaap.pt/uiips/>

INOVAÇÃO DE PRODUTO E DE PROCESSO NO TOMATE DE ESTUFA: MONITORIZAÇÃO EM TEMPO REAL DE PARÂMETROS AGRONÓMICOS

**Product and process innovation in greenhouse tomato: real-time monitoring of
agronomic parameters**

**Innovación de producto y proceso en tomate de invernadero: monitorización en
tiempo real de parámetros agronómicos**

João Jesus

Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

joao.jesus17@hotmail.com

Guilherme Martins

Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

guilherme.martins@esa.ipsantarem.pt

Raquel Saraiva

Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

raquel.saraiva@esa.ipsantarem.pt | ORCID 0000-0002-7761-9931 | Ciência ID 9C18-9681-D348

José Grego

Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

jose.grego@esa.ipsantarem.pt

Margarida Oliveira

Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food , Portugal

margarida.oliveira@esa.ipsantarem.pt | ORCID 0000-0003-2491-0669 | Ciência CV B71B-11DE-0042

RESUMO

O tomate, devido ao seu equilibrado potencial nutricional, integra uma posição relevante na economia e gastronomia. Sendo uma cultura de elevada produção, a procura por técnicas de cultivo que incrementem a qualidade do produto final é uma constante, por forma a satisfazer as exigências dos consumidores e, concomitantemente, assegurar uma aplicação eficiente dos recursos associados à produção. Neste âmbito, a automatização da agricultura constitui um passo fundamental para a inovação, sustentabilidade e apoio à decisão. No presente estudo, propõe-se conceber e implementar um sistema de monitorização em tempo real, à escala piloto, para a produção de tomate de estufa em hidroponia climatizada. O sistema apresentado dispõe de vários tipos de sensores que emitem sinal para um nó central, os dados são detetados e enviados para um computador ou telemóvel do agricultor. Este estudo encontra-se inserido no projeto TomatInov e decorreu na região do Oeste, em Portugal.

Palavras-chave: Agricultura sustentável, Dados em tempo real, Eficiência de recursos, Parâmetros agronómicos, Tomate hidropónico

ABSTRACT

Due to its balanced nutritional potential, tomato stands in a relevant position in economy and gastronomy. Considering that it is a high production culture, the pursue of new techniques that increase the quality of the final product is constant, in order to satisfy consumer demand and concomitantly ensure an efficient application of the resources associated to production. In this context, the automation of agriculture is a fundamental step towards innovation, being known as precision agriculture. In the present study, a pilot-scale real-time monitoring system, to produce greenhouse tomatoes in acclimatized hydroponics is proposed. The presented system has several types of sensors that send a signal to a central node, the data is then detected and sent to a farmer's computer or mobile phone. This study is part of the TomatInov project and took place in the West region (Oeste), in Portugal.

Keywords: Agronomic parameters, Hydroponic tomato, Real-time monitoring, Resource efficiency, Sustainable agriculture

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma planta da família das solanáceas, originária da zona andina da América do Sul (Costa & Heuvelink, 2005; Dam, Goffau, Hilmi, Jeude & Naika, 2006). Apesar de ser cultivado de forma anual, é uma planta herbácea perene, alcançando alturas de dois metros e possibilitando a colheita de frutos ao longo de vários anos. O tomate (*S. lycopersicum*) apresenta um equilibrado potencial nutricional, desta forma, o seu consumo é bastante difundido, integrando uma fração significativa da economia e gastronomia mundiais (Brascesco, Asgedom & Casari, 2019; Dam et al., 2006). Globalmente, é a terceira cultura hortícola mais produzida sendo apenas superada pela batata e batata-doce. No entanto, ocupa o primeiro lugar das culturas hortícolas mais processadas (Brascesco et al., 2019). À semelhança da situação global, a nível nacional, a cultura apresenta também grande relevância. Segundo INE (2019), verifica-se que apesar da área de cultivo ao ar livre ser mais representativa, a produção em estufa representa 8,6% da área total ocupada e 7,8% da produção total, possuindo grande importância no mercado pois através do condicionamento ambiental é possível ajustar a produção às janelas de mercado. Na região do Oeste, o tomate para consumo em fresco apresenta grande expressão, verificando-se cada vez mais o acréscimo em área, número de explorações e técnicas inovadoras de cultivo, em parte, para colmatar a competitividade empresarial espanhola (Mota, 2007).

Habitualmente, utiliza-se o conceito de hidroponia para designar cultivo sem solo (CSS), no entanto, ainda que não seja errado pela sua praticabilidade, hidroponia é apenas uma derivação dos sistemas de cultivo sem solo, que assume o desenvolvimento da cultura em solução nutritiva (Jones Jr., 2005). Destacam-se três principais sistemas de CSS: hidropônico (NFT, em água, por nebulização, entre outros), aeropônico e em substrato (inorgânico ou orgânico), notando-se como pontos comuns transversais a todos os métodos, a ausência de solo como meio de cultura e a utilização de solução nutritiva ou água enriquecida em nutrientes, como fonte nutricional (Almeida & Reis, 2017). Os problemas ambientais associados à eliminação dos resíduos dos substratos de cultivo têm contribuído para a adoção de substratos que utilizam resíduos orgânicos, compostados ou não, menos agressivos para o ambiente, como é o caso da fibra de coco (Gavilán, 2004).

Os sistemas hidropônicos são particularmente exigentes a nível técnico e económico, no entanto apresentam-se como uma nova forma de produção altamente rentável e intensiva, assegurando a redução dos *inputs* (Miranda et al., 2004; Mourão, Brito, Moura & Rodrigues, 2013). A eficiente gestão dos *inputs* que a cultura requer, apresenta grande importância, tanto por questões económicas como ambientais. Por forma a garantir a máxima eficiência no processo produtivo, é fundamental monitorizar uma série de parâmetros. Nos sistemas de cultivo sem solo, pelo condicionalismo do crescimento radicular, as alterações bruscas nas condições ambientais sentem-se mais rapidamente. É importante manter sempre a dotação de água adequada, tendo em conta a sua importância nos processos metabólicos e manutenção da turgescência na planta (Louro & Reis, 2020). Nestes sistemas, também os nutrientes são incorporados na rega sob a forma de soluções-mãe, altamente concentradas, uma vez que as culturas são muito exigentes em solução nutritiva e desta forma se contorna o gasto de grandes quantidades de água para a sua preparação (Almeida & Reis, 2017). A temperatura ambiente influencia o consumo de água e a absorção de nutrientes, na medida em que o seu aumento favorece o consumo de água e nutrientes. Porém, caso se atinja a temperatura máxima biológica, por motivos fisiológicos, dá-se uma paralisação da absorção dos nutrientes e assim, o ideal é que para culturas protegidas as temperaturas oscilem entre os 17 °C e os 27 °C (Jones Jr., 2007; Louro & Reis, 2020; Mota, 2007). A nível mundial o aquecimento global e consequentes situações de clima atípico são cada vez mais frequentes, tornando a disponibilidade de água um fator preocupante (De Wrachien & Goli, 2015; Rosa-Rodríguez et al., 2020). Segundo a *World Health Organization* (2019), estima-se que em 2025 metade da população mundial resida em zonas de stress hídrico. Assim, os sistemas de CSS em estufa assumem-se como medida mitigadora do problema da escassez de água, uma vez que reduzem as perdas por evaporação e percolação, devido ao condicionamento ambiental (De Wrachien & Goli, 2015). Segundo Rosa-Rodríguez et. al. (2020), os sistemas hidropônicos são mais eficientes no uso de água e fertilizantes que a agricultura convencional, verificando-se também que face aos sistemas abertos, os sistemas hidropônicos fechados são cerca de 23% mais eficazes na eficiência de uso de água e fertilizantes. Tendo em conta a translucidez das coberturas das estufas, é normal que no período diurno as temperaturas sejam mais elevadas e, que o contrário aconteça no período noturno, podendo até verificar-se situações de inversão térmica face ao exterior. Em locais menos propícios a nível térmico, deve ponderar-se a implantação de sistemas de aquecimento caso a temperatura média diária seja ≤ 12 °C ou, caso se verifiquem temperaturas próximas de 0 °C ameaçando o congelamento dos tecidos. Ao passo que, caso a temperatura média diária seja ≥ 22 °C, aconselha-se a integração de sistemas de arrefecimento. A temperatura do substrato influencia proporcionalmente o aporte de água e nutrientes. Em 1977, Harssema observou que, a 20 °C, o aporte era mais significativo, no entanto, considerou o intervalo de temperaturas ótimo de desenvolvimento entre os 20 °C e os 30 °C, constatando um decréscimo no crescimento para valores discrepantes (Jones Jr., 2007). Temperaturas inferiores a 15 °C afetam negativamente a absorção de fósforo e potássio (Alarcón, 2000). O pH exerce grande influência na absorção iónica, devendo ser monitorizado frequentemente, em especial para garantir que os gotejadores e tubagens de rega não entupam devido à precipitação dos sais presentes nos adubos, contribuindo para um desenvolvimento deficiente das plantas (Almeida & Reis, 2017). O pH das drenagens, por norma, altera consoante o estado fisiológico da cultura. Na fase de crescimento vegetativo, há uma tendência para a alcalinização, porém quando se inicia a maturação dos frutos, e consequente aumento da absorção catiónica, há tendência para a acidificação (Jones Jr., 2007). De acordo com Almeida (2006), a cultura do tomate apresenta resistência moderada à acidez, no entanto, para

valores entre os 6 a 6,5 a absorção de nutrientes é ótima e a probabilidade de precipitação de sais é baixa. A condutividade elétrica corresponde à salinidade das soluções nutritivas (Almeida & Reis, 2017). Existem alterações na CE consoante o período do dia, podendo haver necessidade de adotar intervalos de CE, utilizando valores mais altos para o período diurno, e o contrário para o período noturno. Para a cultura do tomate, durante o dia pode usar-se $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, e durante a noite $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Miranda et al., 2004). Uma CE inferior ao mínimo mencionado nas águas de drenagem revela a necessidade de aumentar a concentração de nutrientes, ao passo que, para leituras de CE superiores ao máximo mencionado, deve diminuir-se a CE da solução nutritiva e, simultaneamente, adaptar a frequência e/ou dotação das regas (Mota, 2007). A CE é em grande parte condicionada pela qualidade da água, uma vez que uma água de menor qualidade apresenta valores de CE mais elevados, deixando uma margem mais reduzida para a inserção de nutrientes, sem que se exceda os $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ que, segundo Almeida (2006) é um valor de referência máximo para o qual não se verifica efeitos contraditórios ao desenvolvimento da cultura (Miranda et al., 2004). A humidade relativa (HR) corresponde à razão entre a quantidade de vapor de água presente na atmosfera a uma determinada temperatura e a quantidade máxima de vapor de água que o ar pode reter, para o mesmo valor de temperatura e é expressa em percentagem (Dam et al., 2006; Gavilán, 2004). A humidade relativa afeta a evapotranspiração, a polinização e a presença de inimigos da cultura, em especial doenças, dado que nas primeiras horas do dia a condensação do orvalho pode favorecer a germinação dos esporos de fungos. No caso do tomate, condições de elevadas HR e transpiração contribuem favoravelmente na circulação do cálcio na planta, diminuindo o risco de podridão apical. Em contrapartida, em situações de baixa HR, a nível geral a percentagem de cálcio e fósforo diminuem e, nas folhas mais jovens, o mesmo se verifica no caso do potássio e magnésio (Miranda et al., 2004).

Para garantir a monitorização de todos os parâmetros acima mencionados, bem como outros parâmetros agronómicos das culturas, o leque de soluções disponíveis é alargado. É reconhecido que cada vez mais a tecnologia fará a diferença na forma como a agricultura evoluirá nas próximas décadas, cada vez mais alavancada na recolha de dados, na informação condensada a partir desses dados e na capacidade de gerar atempadamente as melhores decisões suportadas por essa informação. As soluções existentes dividem-se em dois grupos: a) as que têm um forte cariz de investigação e desenvolvimento e estão neste momento a ser desenvolvidas em parcerias entre empresas e instituições de ensino/investigação, e b) as que já estão suficientemente maduras e robustas, já disponíveis no mercado na forma de produto ou serviço. Um exemplo do primeiro grupo é o Projeto AgriNuPes (<https://www.agrinupes.eu/>), um projeto europeu cujos principais objetivos são o desenvolvimento de um sensor NPK (a cargo do INESC-TEC) e de um biossensor para deteção de dois pesticidas bastante utilizados em horticultura. Tipicamente, estes equipamentos representam um grande salto na capacidade de analisar os fatores agronómicos abordados, mas não têm ainda maturidade para entrar no mercado. No outro lado da balança, existe um grande número de produtos que já provaram as suas capacidades e estão no mercado há vários anos e, neste caso, assumem-se três segmentos. No topo estão soluções extremamente robustas, redundantes e bem desenvolvidas que estão muitas vezes integradas com outras soluções utilizadas em agricultura, como por exemplo, soluções de fertirrega e hidroponia. É uma ligação simbiótica, uma vez que estes sistemas já utilizam uma variedade de sensores de monitorização das condições ambientais, incluindo algumas características físico-químicas da água. Estas soluções, representam, contudo, um enorme investimento financeiro na ordem das dezenas de milhares de euros que não são compatíveis com a grande maioria das pequenas e médias explorações agrícolas. No outro extremo encontram-se as soluções muito simples, financeiramente acessíveis e que geralmente são originárias de outras atividades, como por exemplo, a aquarofilia e o tratamento de piscinas, mas que, no geral, servem os propósitos mais simples da monitorização das variáveis mais relevantes para o desenvolvimento agronómico da maior parte das culturas. Entre estes dois segmentos existe um grande intervalo, ocupado por empresas capazes de disponibilizar produtos personalizados e, simultaneamente responderem a necessidades muito específicas dos seus clientes, mantendo alguma simplicidade.

Foi nesta premissa que, no projeto TomatInov, se está a desenvolver uma solução de monitorização em tempo real, adequada às necessidades da cultura do tomate num sistema de cultura sem solo

em estufa. A solução proposta passa pela utilização de um equipamento de monitorização modular construído com as especificações pretendidas, possibilitando assim a análise das diferentes variáveis com relevância agronómica na cultura do tomate e, concomitantemente, disponibilizando-as em tempo real, de forma direta e conveniente. Desta forma, pretende-se atingir o objetivo de incrementar a eficiência da utilização dos recursos, em especial água e fertilizantes e, simultaneamente, possibilitar uma melhoria na produtividade e qualidade do produto final, contribuindo para o posicionamento do Oeste como um território de excelência para a produção de tomate para consumo em fresco, sem resíduos e de qualidade sensorial consistente.

2 MÉTODO

2.1 Estudo de caso

O ensaio decorreu numa estufa de hidroponia, pertencente a uma empresa dedicada à produção de hortícolas em estufa, localizada na região do Oeste. A estufa apresenta ventoinhas de circulação de ar (Figura 1) e é climatizada com recurso a uma caldeira de biomassa alimentada com caroço de azeitona (Figura 2), que canaliza o calor por tubagens secundárias junto à base da planta. Possui nove sondas de temperatura com *set point* médio de 14 °C. A variedade em estudo foi a *Runner* em porta-enxerto *Emperor*.



Figura 1: Ventoinhas de circulação de ar.



Figura 2: Depósito de caroço de azeitona e caldeira.

2.2 Monitorização em tempo real

O equipamento de monitorização em tempo real (Figura 3) encontra-se instalado ao centro da estufa e abrange uma bandeja de inox (sem marca - modelo construído por encomenda) com duas placas de fibra de coco revestidas a polietileno branco/preto, onde constam duas plantas por placa (Figura 4). Os sensores (Figura 5) conectados à unidade de controlo (PLC HORNER XLT 240-C116 com uma carta de expansão SMART STIX HE559ADC970, um HERMES M100 MODBUS e respetiva fonte de alimentação de 24V, WEIDMULLER) possibilitam a monitorização em tempo real das seguintes variáveis agronómicas: temperatura do substrato (1- sonda RESIPREL PT-100); pH à saída (2 - sonda PH HI1001); condutividade elétrica à saída (3 - sonda EC HI3002); monitorização do fluxo de saída de água através de um pluviómetro de báscula (4 - PM1); temperatura e humidade do ar (5 - sonda DHT22); peso do sistema, através das células de carga horizontais e verticais (6 - respetivamente RSC-1 de 50KG e RSC-1 de 30KG); e monitorização do fluxo de entrada de água através do uso de caudalímetro (KOBOLD-DRG DE 1,5 A 30L/H). É emitido um sinal para um nó central, os dados são detetados e enviados em tempo real para a plataforma *Meteoagri*, ficando disponíveis para consulta num computador ou telemóvel.

De salientar que se executam as leituras do pH e CE na drenagem do sistema, ou seja, na saída do tabuleiro por forma a comparar com os valores registados na entrada os quais são registados pelo sistema de rega da exploração. Desta forma, temos os caudais de água da entrada e da saída assim como as variações de pH e CE.



Figura 3: Unidade de controlo do equipamento. Sensores de temperatura e humidade (acima).



Figura 4: Bandeja de inox e respetivas plantas em substrato.



Figura 5: Conjunto dos sensores do equipamento (1- sonda RESIPREL PT-100; 2- sonda PH HI1001; 3- sonda EC HI3002; 4- pluviómetro de báscula PM1; 5- sonda DHT22; 6- célula de carga RSC-1)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este ensaio incidiu sobre a fase de concepção e implementação de um sistema de monitorização em tempo real para a cultura do tomate em hidroponia e ambiente climatizado. Esta etapa, ainda que não apresente resultados em termos numéricos, foi muito importante para realizar todas as calibrações e melhorias necessárias para a obtenção de dados com carácter fidedigno e relevância técnico-científica.

O processo de montagem do equipamento obrigou a uma abordagem recursiva, de forma a eliminar as dificuldades que surgiam e melhorar o desempenho do equipamento. Neste tipo de equipamento a precisão e a calibração dos sensores é um fator primordial. Uma das primeiras dificuldades técnicas foi a integração entre a sonda de pH e a placa principal. Apesar da compatibilidade entre os componentes, o equipamento não conseguia ler os valores da sonda com toda a sua resolução, mas sim, com menos dois bits. Isto significa que o intervalo entre o valor mínimo e máximo de leitura da sonda estava a ser transmitido numa escala que tem menos intervalos e, por isso, menos resolução. Este tipo de anomalia não inviabiliza a sua utilização, mas reduz a sua precisão. A questão foi contornada substituindo a sonda por outra com nova versão de *Firmware*, ou seja, o mesmo equipamento, mas com diferente software interno.

Por outro lado, foram encontrados também desafios funcionais, por exemplo, as células de carga que sustentam e pesam a parte aérea das plantas estavam idealizadas para suportar um ramo por célula. No entanto, a forma de condução adotada nesta cultura é de três braços por planta, significando que de cada planta saem três hastes. Este método de condução da cultura colocou então um problema relacionado com a fixação das hastes pois as células de carga apenas apresentavam um ponto de suporte, o que iria diminuir a distância entre hastes, causando maior ensombramento e enviesando os resultados do estudo. Assim, por forma a obter resultados fidedignos e adequados à realidade, foi necessário contruir uma estrutura piramidal que é suportada pela célula de carga vertical, suportando ela própria em cada um dos seus vértices cada uma das hastes da planta.

As melhorias alcançadas após a calibração de todos os componentes e as afinações realizadas nesta fase contribuirão para que o equipamento possa ser utilizado no novo ciclo de monitorização, que já se encontra a decorrer. Os sensores utilizados são adquiridos já calibrados na fábrica, no entanto, foram calibrados de acordo com as indicações dos fabricantes no momento da montagem. Dada a relevância deste assunto para a precisão dos resultados obtidos, está prevista uma ação de manutenção preventiva aos sensores (limpeza e calibração) antes do início da próxima campanha, em data a definir. Neste momento tentaremos cruzar os dados encontrados com leituras de outras sondas e com análises laboratoriais (para o caso do pH e CE). Só assim, será possível consolidar os dados sobre a variação encontrada durante o período de funcionamento decorrido, isto em ambiente de produção. Os testes à consulta em tempo real dos valores lidos pelos equipamentos, via interface gráfica (Figura 6), decorreram sem problemas, tendo-se obtido uma solução que funciona em qualquer dispositivo com *browser*.

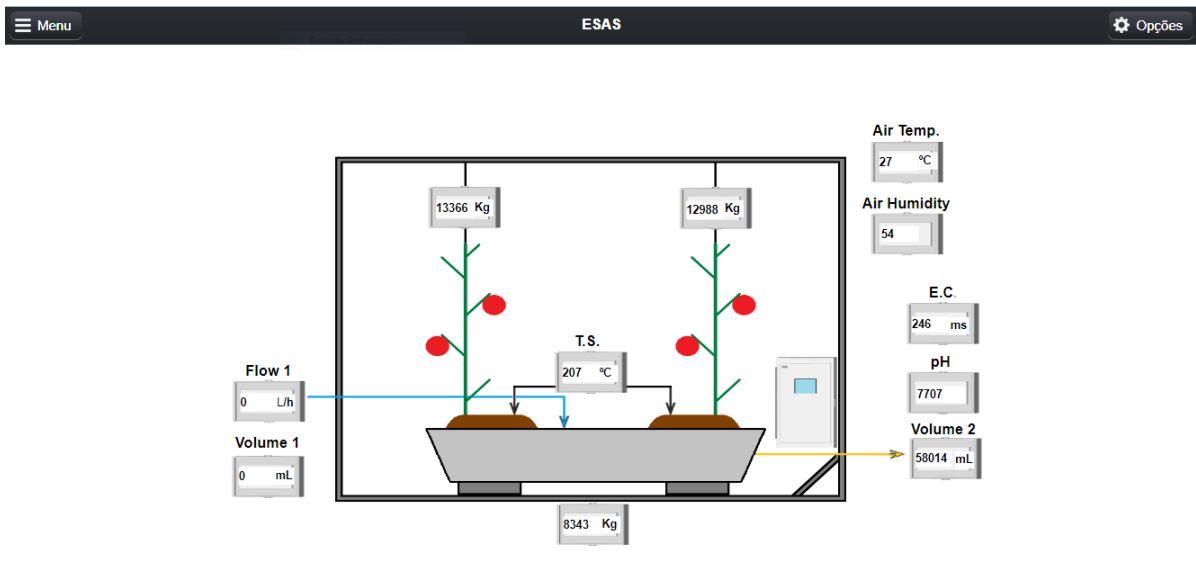


Figura 6: Interface gráfica e respetivos dados em tempo real.

Em simultâneo, os dados são registados a cada 30 segundos e podem ser consultados por intervalo de data ou parâmetro específico (Figura 7), permitindo ainda a sua exportação para folha de cálculo para que os mesmos sejam trabalhados em *software* externo.

Data	Evento	Flow_L_H_1	Flow_L_H_2	TemperaturePT100	Temperature	Humidade	pH	Condutividade
03/09/2020 11:56:00	Tempo	0	58014	211	26	57	7698	248
03/09/2020 11:57:30	Tempo	0	58014	211	26	59	7701	246
03/09/2020 11:57:00	Tempo	0	58014	210	26	58	7705	243
03/09/2020 11:56:30	Tempo	0	58014	210	26	58	7707	246
03/09/2020 11:56:00	Tempo	0	58014	210	26	57	7703	244
03/09/2020 11:55:30	Tempo	0	58014	210	26	57	7703	246
03/09/2020 11:55:00	Tempo	0	58014	210	26	58	7692	246
03/09/2020 11:54:30	Tempo	0	58014	209	26	56	7700	247
03/09/2020 11:54:00	Tempo	0	58014	209	26	56	7705	243
03/09/2020 11:53:30	Tempo	0	58014	209	26	58	7698	244
03/09/2020 11:53:00	Tempo	0	58014	209	27	54	7700	246
03/09/2020 11:52:30	Tempo	0	58014	209	27	58	7703	242
03/09/2020 11:52:00	Tempo	0	58014	209	27	56	7698	248
03/09/2020 11:51:30	Tempo	0	58014	208	27	56	7705	247
03/09/2020 11:51:00	Tempo	0	58014	208	27	56	7705	246
03/09/2020 11:50:30	Tempo	0	58014	208	27	56	7703	246
03/09/2020 11:50:00	Tempo	0	58014	208	27	55	7705	247
03/09/2020 11:49:30	Tempo	0	58014	208	27	55	7698	248
03/09/2020 11:49:00	Tempo	0	58014	208	27	54	7701	250
03/09/2020 11:48:30	Tempo	0	58014	208	27	53	7707	247
03/09/2020 11:48:00	Tempo	0	58014	208	27	54	7707	246
03/09/2020 11:47:30	Tempo	0	58014	207	27	53	7707	247
03/09/2020 11:47:00	Tempo	0	58014	208	27	56	7707	250
03/09/2020 11:46:30	Tempo	0	58014	207	27	54	7700	246
03/09/2020 11:46:00	Tempo	0	58014	207	27	55	7705	244
03/09/2020 11:45:30	Tempo	0	58014	207	27	54	7703	246
03/09/2020 11:45:00	Tempo	0	58014	207	27	55	7703	243
03/09/2020 11:44:30	Tempo	0	58014	207	27	54	7707	246
03/09/2020 11:44:00	Tempo	0	58014	207	27	50	7705	246

Figura 7: Histórico de dados.

Fazendo uma análise abrangente sobre o panorama global da implementação deste tipo de tecnologias tanto no setor agrícola como na industria alimentar, vemos que existe uma acelerada vaga de fundo que em simultâneo tenta inovar na capacidade dos sensores por forma a registar, de forma automática e precisa, novos dados que até agora requeriam análises laboratoriais ou morosos processos de trabalho humano, como reutilizar tecnologia já comprovada para atingir novos resultados de forma económica e prática. São inúmeras as publicações académicas nesta área, refere-se o trabalho realizado na Indonésia com o objetivo de automatizar a gestão de explorações em modo hidropónico NFT de forma económica, utilizando hardware e software de fonte aberta (Crisnapati, Wardana, Aryanto & Hermawan, 2017) e a revisão sistemática sobre a integração de IOT e Arduino para avaliação da qualidade do leite realizada no Brasil (Comachio & Bortolotti, 2020).

Alterando o foco para a especificidade da atividade agrícola, e em particular com recurso a estufa, é necessário referir que esta se encontra com um nível de desenvolvimento da componente de

monitorização e otimização menos evoluído e que se espera um forte crescimento nesta área nos próximos anos, através do surgimento de novos produtos e serviços.

4 CONCLUSÃO

Os sistemas de cultivo sem solo são bastante exigentes a nível técnico-científico, bem como, a nível económico, o que leva a que a sua adoção esteja dependente da produção e rentabilidade das culturas. O tomate, pela sua importância e elevada produção, justifica o investimento no incremento das técnicas de produção. A nível nacional, a cultura apresenta grande expressão na região Oeste, no entanto, a competitividade espanhola é uma ameaça, exigindo da parte dos produtores a máxima eficiência, em especial na gestão dos *inputs* da cultura. Nesse sentido, o equipamento de monitorização contínua e transmissão de dados em tempo real são uma mais valia para os produtores e apresentam vantagens de longo prazo para a produção protegida. O equipamento concebido e proposto neste estudo, permitiu definir as variáveis agronómicas para a monitorização em tempo real, seleccionar os sensores, adaptar sensores face às incompatibilidades detetadas e compreender a complexidade da integração dos componentes e interfaces no equipamento. Futuramente, será essencial proceder à validação dos resultados e evoluir para uma análise que permita relacionar os dados e extrair informação relevante para os produtores que utilizam sistemas de hidroponia. Em particular, a fundamentação da variação de massa da planta em função dos elementos consumidos em correlação com os restantes dados ambientais recolhidos.

5 AGRADECIMENTOS

O projeto TomatInov PDR2020-101-032136 é financiado pelo PDR2020 e cofinanciado pelo FEADER no âmbito da Operação - 1.0.1 Grupos Operacionais. FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/AGR/04129/2020 (LEAF)

6 REFERÊNCIAS

- Alarcón, A. (2000). *Tecnología para cultivos de alto rendimiento*. (1ª Ed.). Múrcia: Novedades Agrícolas.
- Almeida, D.P. (2006). *Manual das Culturas Hortícolas - Volume II*. (2ª Ed.) Editorial Presença, 400 pp.
- Almeida, D.P., Reis, M. (2017). *Engenharia Hortícola*. Porto: Publindústria – Agrobook, 237 pp.
- Brasenco, F., Asgedom, D., Casari, G. (2019). *Strategic analysis and intervention plan for fresh and industrial tomato in the Agro-Commodities Procurement Zone of the pilot Integrated Agro-Industrial Park in Central-Eastern Oromia, Ethiopia*. Addis Ababa.
- Comachio, K.O., Bortolotti, S.L.V. (2020). Integração da IOTe arduino para avaliação da qualidade do leite: uma revisão sistemática. In Brazilian Journal of Development (2020).
- Costa, J.M., Heuvelink, E. (2005). *Introduction: the tomato crop and industry*. In Heuvelink, E., *Tomatoes*. Cambridge: CABI publishing.
- Crisnapati, P.N., Wardana, N.K., Aryanto, K.A.A, Hermawan, A. (2017). Hydroponic management and monitoring system for an IOT based NFT farm using web technology. In 2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM).
- Dam, B.V., Goffau, M., Hilmi M., Jeude, J., Naika, S. (2006). *A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização*. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 104 pp.
- De Wrachien, D., Goli, M.B. (2015). *Global Warming Effects on Irrigation Development and Crop Production: A World-Wide View*. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/281064910_Global_Warming_Effects_on_Irrigation_Development_and_Crop_Production_A_World-Wide_View.

- Gavilán, M.U. (2004). *Tratado de Cultivo Sin Suelo*. (3ª Ed.). Mundi-Prensa, 914 pp.
- Instituto Nacional de Estatística (2019). Estatísticas agrícolas 2018. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- Jones Jr., J.B. (2005). *Hydroponics: A practical guide for the soilless grower*. (2ª Ed.). CRC Press, 440pp.
- Jones Jr., J.B. (2007). *Tomato plant culture in the field, greenhouse, and home garden*. (2ª Ed.). CRC Press, 420 pp.
- Louro, M., Reis, M. (2020). *Manual de cultivo sem solo. Aspectos teóricos e práticos dos cultivos hidropónicos e em substrato*. Quântica Editora, 458 pp.
- Miranda, C.S., Henriques, S., Rodrigues, L., Rodrigues, A.S., Monteiro, A.A., Caço, J., Reis, M., Antunes, L.E. (2004). Manual de Culturas Hortícolas Sem Solo. Associação Interprofissional de Horticultura do Oeste (AIHO), 152 pp.
- Mota, P.M.P. (2007). *Acompanhamento da cultura do tomate em substrato de lã de rocha*. Relatório de Projeto do Curso de Engenharia dos Sistemas Agrícolas e Ambientais. Beja: Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Beja, 82 pp.
- Mourão, I., Brito, L.M, Moura, M.L., Rodrigues, R., (2013). *Avaliação da produtividade e qualidade de tomate produzido no solo e em hidroponia na região Noroeste de Portugal*.
- Rosa-Rodríguez, R., Lara-Herrera, A., Trejo-Téllez, L., Padilla-Bernal, L., Solis-Sánchez, L., Ortiz-Rodríguez, J. (2020). *Water and fertilizers use efficiency in two hydroponic systems for tomato production*. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362020000100047&lang=pt#B4
- World Health Organization (2019). *Drinking water*. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.