



## Proposta de um sistema de irrigação automatizado integrado à telhado verde

Edimilson Emanuel Fonseca; 0000-0002-5022-637X

Erickson Silva das Dores; 0000-0002-5783-4255

Matheus Flores de Almeida Candido; 0009-0005-9775-4523

Rafael de Souza Pires<sup>1</sup>; 0000-0003-1328-3225

Thiago Paulo Oliveira Dos Santos; 0000-0003-4261-8266

Italo Pinto Rodrigues<sup>1,2</sup>; 0000-0002-6832-8358

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

2 – INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP.

[rafael.pires@unifoa.edu.br](mailto:rafael.pires@unifoa.edu.br)

**Resumo:** A técnica de telhados verdes apresenta-se como uma das possíveis práticas da agricultura urbana capazes de promover o desenvolvimento sustentável em cidades inteligentes, ao utilizar bases da agricultura de precisão. O presente estudo tem por objetivo propor um sistema de irrigação automatizado para telhados verdes. Através da definição de requisitos de usuários realizou-se uma proposta preliminar do sistema de irrigação. Realizou-se a proposta preliminar do software de controle através da metodologia de modelagem conhecida como máquina de estados finitos, com o auxílio do software MATLAB. A simulação do sistema de irrigação automatizado foi realizada utilizando-se o software Tinkercad. Assim, possibilita-se a construção de um protótipo que possibilitará o controle de um sistema de irrigação automatizado. Portanto, o sistema de irrigação para o telhado verde seria uma tecnologia capaz de promover o desenvolvimento sustentável preconizado pelas cidades sustentáveis.

**Palavras-chave:** irrigação automatizada. sustentabilidade. agricultura urbana. cidades inteligentes.

## INTRODUÇÃO

A agricultura sustentável ocorre através do manejo e conservação da base de recursos naturais, associados à orientação tecnológica e institucional, de modo que se assegure o atendimento das necessidades humanas das atuais e futuras gerações, resultando na conservação dos recursos naturais, não degradação do ambiente, sendo tecnicamente apropriada, economicamente viável e socialmente aceitável (AZEVEDO, S.D.).

A agricultura urbana, um dos modelos produtivos agrícolas sustentáveis, visa a produção de alimentos em áreas urbanas e em seus limites próximos, considerando as interações entre as atividades produtivas, seres humanos e meio ambiente,



valendo-se das facilidades proporcionadas pela infraestrutura urbana, com diversidade produtiva anual concomitante à reciclagem de resíduos (GNAU, 2002).

A utilização de tecnologias mais sofisticadas permite um aumento de produtividade, possibilitando maior eficiência no uso dos recursos naturais. Neste sentido a adoção da agricultura de precisão seria uma importante aliada na alocação mais eficiente destes recursos. Como um sistema de gestão, a agricultura de precisão tem como fundamento a desuniformidade dos cultivos, necessitando de formas de manejo que explorem essas diferenças encontradas em cada localidade, tirando proveito econômico disso (LAMPARELLI, 2022). Acentua-se este aumento de produtividade com a associação da prática da agricultura urbana com a técnica de telhados verdes, ao aproveitar áreas improdutivas, a priori, caso das coberturas das edificações.

Com o intuito de contribuir no desenvolvimento de cidades inteligentes propõe-se a junção dos conceitos de agricultura urbana, de tecnologias utilizadas na agricultura de precisão associadas à técnica de telhados verdes. O principal objetivo deste artigo é propor um sistema de irrigação automatizado para telhados verdes. Para tal, torna-se necessário: i) realizar uma proposta preliminar do protótipo do sistema de irrigação; ii) elaborar uma simulação do sistema de controle; iii) desenvolver o software de controle do sistema.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes:

Cidades inteligentes são cidades comprometidas com o desenvolvimento urbano e a transformação digital sustentáveis, em seus aspectos econômico, ambiental e sociocultural, que atuam de forma planejada, inovadora, inclusiva e em rede, promovem o letramento digital, a governança e a gestão colaborativas e utilizam tecnologias para solucionar problemas concretos, criar oportunidades, oferecer serviços com eficiência, reduzir desigualdades, aumentar a resiliência e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas, garantindo o uso seguro e responsável de dados e das tecnologias da informação e comunicação (GOV, [S.D.], p. 28).

Nesse sentido, o desenvolvimento urbano sustentável proposto por GOV(S.D.) preconiza uma urbanização que promova o bem-estar da coletividade de forma igualitária, equilibrando aspectos sociais, ambientais, econômicos e culturais, no uso de recursos naturais, tecnológicos, urbanos e financeiros. Conseqüentemente,



promove-se o desenvolvimento econômico local, impulsionando a criação de oportunidades e a inclusão social, produtiva e espacial, inter e intrageracional, por meio da distribuição equitativa de infraestrutura, espaços públicos, bens e serviços urbanos e do adequado ordenamento do uso e da ocupação do solo em diferentes cenários.

A conservação do meio ambiente é apresentada como um dos princípios balizadores apresentados na Carta Brasileira para Cidades Sustentáveis (GOV; S.D.). Portanto a utilização dos recursos naturais deve ocorrer de maneira sustentável, combatendo e revertendo o uso de práticas que degradam o meio ambiente, buscando soluções baseadas em processos naturais, além de aderir a abordagens ambientais inovadoras nas matrizes de desenvolvimento.

Na busca pelo atendimento de diversas das diretrizes norteadoras apresentadas na Carta Brasileira para Cidades Sustentáveis (GOV; S.D.), como por exemplo promover o desenvolvimento urbano sustentável e estimular o protagonismo comunitário, a associação da agricultura urbana com a adoção de preceitos da agricultura de precisão contribuiria para o desenvolvimento urbano sustentável.

De acordo com Savi (2012), os telhados verdes podem ser entendidos como uma prática desenvolvida na cobertura de edificações, através da aplicação e uso de vegetação, solo ou substrato sobre uma camada impermeável nestas estruturas.

Cidades com 10 a 20% de telhados verdes nas suas construções, teriam melhora na sensação climática, redução da poluição e da variação nas temperaturas em centros urbanos (CHIRSTÓFORI e OLIVEIRA, 2016). Assim, possibilita-se a redução do uso de aparelhos domésticos destinados à amenização das altas temperaturas, viabilizando a economia energética (BALDESSAR, 2012). Ocorreria, ainda, drenagens mais eficazes, aumento da qualidade da água filtrada, produção de oxigênio, absorção de CO<sub>2</sub>, melhoria na acústica das edificações e auxílio passivo na qualidade de vida e na saúde humana (CHIRSTÓFORI e OLIVEIRA, 2016), além de potencial combate a insegurança alimentar.

A associação de conceitos relacionados à agricultura de precisão com a técnica dos telhados verdes permite a otimização no uso dos insumos, como a água. A utilização





de sensores de umidade permitirá aplicações localizadas e em doses adequadas às variações espaciais e temporais deste fator que influencia na produtividade (LAMPARELLI, 2022), alocando eficientemente este recurso natural escasso.

## **INDICADORES ODS E INDICADORES ABNT ISO 37122**

A Agenda 2030 indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), (PNUD e IPEA, 2015), dentre os quais destacam-se no projeto: Objetivo 2. Fome zero e agricultura sustentável; Objetivo 11. Cidades e comunidades sustentáveis; Objetivo 12. Consumo e produção responsáveis; Objetivo 13. Ação contra a mudança global do clima. A NBR ISO 37122 de junho de 2020 apresenta um conjunto de indicadores para tornar as cidades mais cidades inteligentes, dentre os quais enquadram-se no projeto: Meio ambiente e mudanças climáticas, com o indicador Porcentagem de edifícios construídos ou reformados, nos últimos cinco anos, em conformidade com os princípios da construção verde; Agricultura local/urbana e segurança alimentar, com o indicador de Porcentagem do orçamento municipal anual destinado a iniciativas de agricultura urbana.

## **METODOLOGIA**

Ao definir os requisitos de usuários relacionados ao sistema de irrigação automatizado do telhado verde, estes foram utilizados como épicos no software JIRA, tendo como histórias as tarefas necessárias para a execução dos épicos. Para a proposta preliminar do software de controle utilizou-se a metodologia máquinas de estados finitos (MEF). A MEF do sistema de controle do sistema de irrigação foi construída com o auxílio do software MATLAB. Através do software Tinkercad simulou-se o sistema de irrigação automatizado. A programação do sistema de controle foi realizada com a implementação no Arduino.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No Quadro 1 encontram-se os requisitos de usuários referentes ao sistema de irrigação automatizado do telhado verde.

Quadro 1: Histórias de usuário e critérios de aceitação



Requisito de configurações físicas do sistema de irrigação					
EU	Como usuário do sistema de irrigação automatizado				
QUERO	Quero irrigar o solo de um telhado verde				
PARA	Não ficar totalmente seco em dias sem chuva E manter a umidade do solo nas condições necessárias				
DADO QUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O usuário tenha instalado o sistema de irrigação automatizado</li> <li>- E o sistema esteja conectado à um armazenamento de água</li> <li>- E conectado na energia elétrica</li> <li>- E o sensor de umidade esteja em contato com o solo</li> </ul>	DADO QUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O usuário tenha instalado o sistema de irrigação automatizado</li> <li>- E o sistema esteja conectado à um armazenamento de água</li> <li>- E conectado na energia elétrica</li> <li>- E o sensor de umidade esteja em contato com o solo</li> </ul>	DADO QUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O usuário tenha instalado o sistema de irrigação automatizado</li> <li>- E o sistema esteja conectado à um armazenamento de água</li> <li>- E conectado na energia elétrica</li> <li>- E o sensor de umidade esteja em contato com o solo</li> </ul>
QUANDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O sensor detectar baixa umidade do solo do telhado verde</li> <li>- O Led vermelho ascender</li> <li>- E tiver água no reservatório</li> </ul>	QUANDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O sensor detectar média umidade do solo do telhado verde</li> <li>- O led azul ascender</li> <li>- E tiver água no reservatório</li> </ul>	QUANDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O sensor detectar alta umidade do solo do telhado verde</li> <li>- O verde ascender</li> <li>- E tiver água no reservatório</li> </ul>
ENTÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A válvula solenoide deverá ser energizada</li> <li>- E a Água deverá ser liberada</li> <li>- E a irrigação deverá ser feita</li> </ul>	ENTÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A válvula solenoide continuará sendo energizada</li> <li>- E a Água ainda sendo liberada</li> <li>- E a irrigação continuará sendo feita</li> </ul>	ENTÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A válvula solenoide não deverá ser energizada</li> <li>- E a Água não deverá ser liberada</li> <li>- E a irrigação não deverá ser feita</li> </ul>
DADO QUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O usuário tenha instalado o sistema de irrigação automatizado</li> <li>- E o sistema esteja conectado à um armazenamento de água</li> <li>- E conectado na energia elétrica</li> </ul>	DADO QUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O usuário tenha instalado o sistema de irrigação automatizado</li> <li>- E o sistema esteja conectado à um armazenamento de água</li> <li>- E conectado na energia elétrica</li> <li>- E o sensor de umidade esteja em contato com o solo</li> </ul>	DADO QUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O usuário tenha instalado o sistema de irrigação automatizado</li> <li>- E o sistema esteja conectado à um armazenamento de água</li> <li>- E o sensor de umidade esteja em contato com o solo</li> </ul>
QUANDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O sensor de umidade não estiver em contato com o solo</li> </ul>	QUANDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O sensor detectar baixa umidade do</li> </ul>	QUANDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O sensor detectar baixa umidade do solo do telhado verde</li> </ul>



			solo do telhado verde		
ENTÃO	- Não haverá leitura da umidade do solo - E a válvula solenoide não deverá ser acionada		- O Led vermelho ascender - E não tiver água no reservatório		- O Led vermelho ascender - E não estiver conectado na energia elétrica
	- E a irrigação não deverá ser feita	ENTÃO	- A válvula solenoide deverá ser energizada - E a irrigação não será feita	ENTÃO	- A válvula solenoide não deverá ser energizada - E a Água não deverá ser liberada - E a irrigação não deverá ser feita

Na Figura 1 encontra-se a MEF do sistema de controle do sistema de irrigação. O primeiro estado representa o sistema desenergizado. Ao receber energia, inicia-se a monitoração da umidade do solo, acendendo o led 1. Ao detectar umidade seca e água disponível para irrigação, o led 3 ascenderá e a bomba será ativada. Ao detectar umidade média e água disponível para irrigação, o led 2 ascende e a bomba é ativada. Caso o solo esteja úmido, o led 1 continua aceso e a bomba não é ativada. Com falta de energia, o sistema volta para o estado inicial. Este ciclo ocorre constantemente.

Na Figura 2 encontra-se a simulação do sistema de irrigação automatizado, na qual o sensor do sistema é indicado em 1, os leds são representados em 2, em 3 representa-se o relé, em 4 encontra-se a fonte de alimentação, o motor é representado em 5, seguido pelo protoboard em 6, Arduino em 7, e resistores em 8.

A partir dos resultados obtidos, torna-se possível a construção de um protótipo que controlará um sistema de irrigação automatizado, de acordo com os níveis de umidade detectados no substrato utilizado para o desenvolvimento do telhado verde.

## CONCLUSÕES

Partindo-se do pressuposto de que as áreas produtivas não são uniformes, a utilização de sensores de umidade associados aos telhados verdes permitem a alocação efetiva dos recursos hídricos. Assim minimiza-se o impacto ambiental causado pelo desperdício de água, promove-se maior produtividade dos telhados



verdes, e conseqüentemente sua disseminação devido a melhoria da sensação térmica, redução das enchentes, combate à insegurança alimentar. Portanto, o sistema de irrigação automático para telhado verde seria uma tecnologia capaz de promover o desenvolvimento sustentável preconizado pelas cidades sustentáveis.

Figura 1: Máquina de estados finitos do sistema de controle.

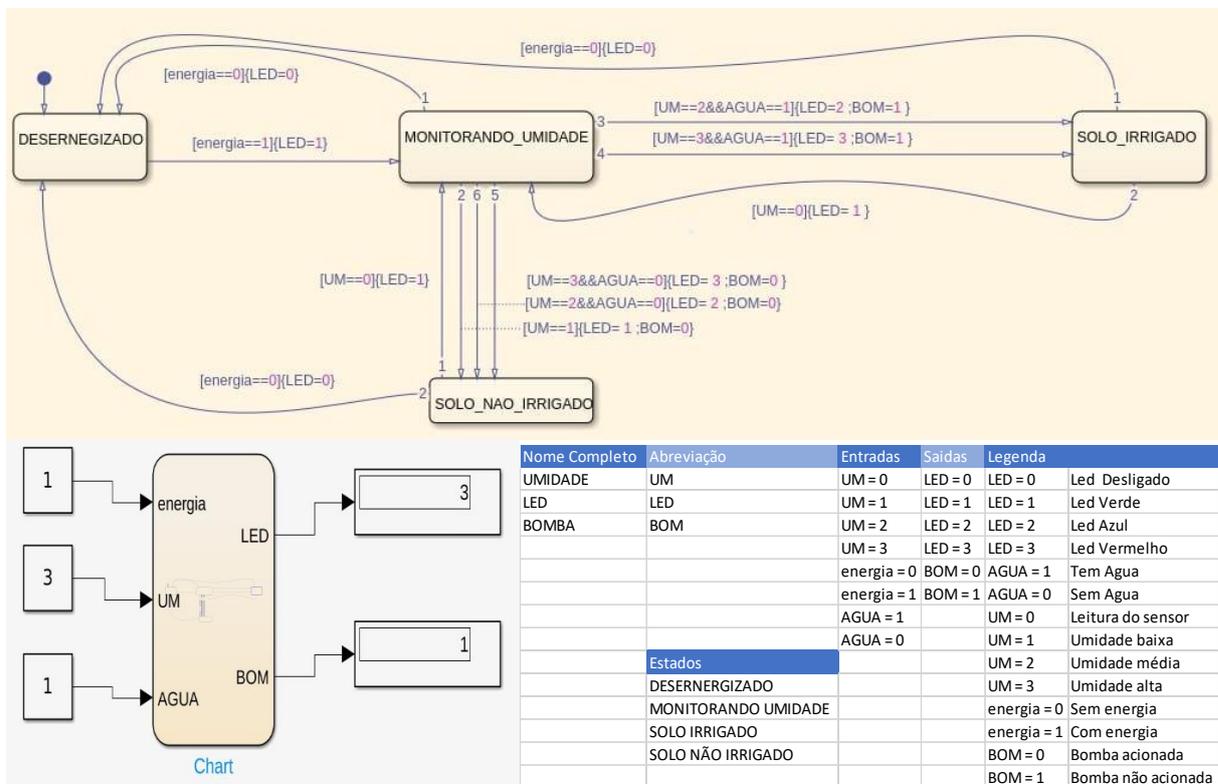
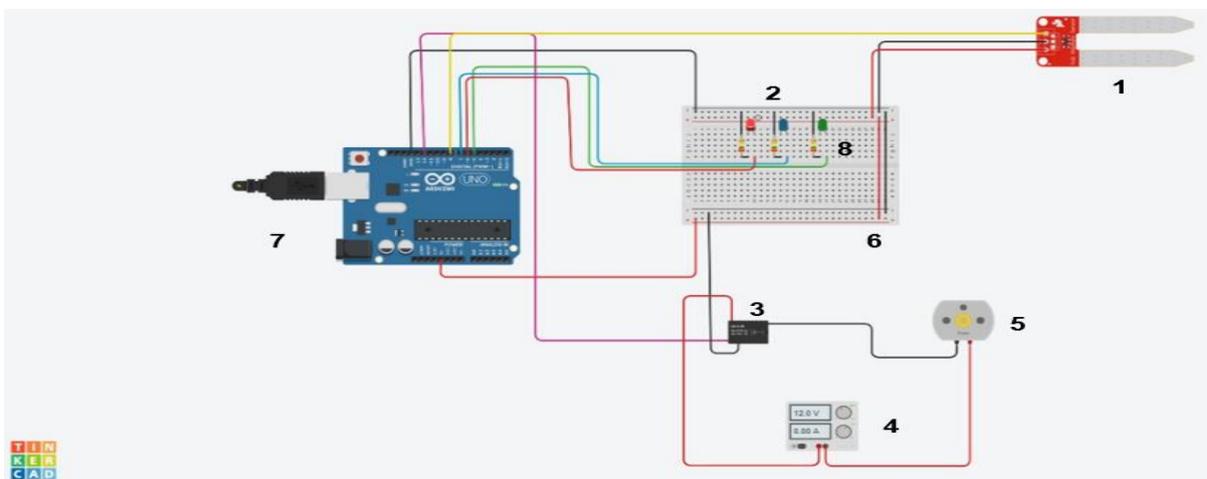


Figura 2: Simulação do sistema de irrigação.





## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. o que é agricultura sustentável? **eCycle**, [S.D.]. Disponível em:<  
[https://www.ecycle.com.br/index.php?option=com\\_content&id=8955&Itemid=2499](https://www.ecycle.com.br/index.php?option=com_content&id=8955&Itemid=2499)>.

Acesso em: 18 mar. 2023.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR PPGCC, 2012. 35 f.

CHIRSTÓFORI, J. B.; OLIVEIRA, P. P. Telhas verdes – metodologias e seus benefícios.

**Embrapa**, 2016. Disponível em:<

<https://www.cpao.embrapa.br/cds/agroecol2016/PDF's/Trabalhos/Telhas%20Verdes%20-%20Metodologias%20e%20Seus%20Benef%C3%ADcios%20.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2023.

GRUPO NACIONAL DE AGRICULTURA URBANA – GNAU. **Lineamentos para los subprogramas de Agricultura Urbana para el año 2002 y sistema evaluativo**. Cuba: Ministério de Agricultura, 2002. 84 p.

GOV. **Carta brasileira para cidades sustentáveis**. Brasília. Ministério do Desenvolvimento Regional, S.D. 180 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-urbano/carta-brasileira-para-cidades-inteligentes>. Acesso em: 18 mar. 2023.

LAMPARELLI, R. A. C. Agricultura de precisão. **Embrapa**, 2022. Disponível em:<  
[https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/avanco-tecnologico/agricultura-de-precisao)

[tecnologica/cultivos/cana/producao/avanco-tecnologico/agricultura-de-precisao](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/avanco-tecnologico/agricultura-de-precisao)>. Acesso em: 18 mar. 2023.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. **Plataforma Agenda 2030**, 2015. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em: 18 mar. 2023.

SAVI, C. A. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. Monografia Especialização em Construções Sustentáveis. UTFPR, 2012, 127 p.

