



SEVEN

PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS
2022

INTERNET DAS COISAS

UMA BREVE INTRODUÇÃO E PERSPECTIVAS
NA ÁREA DA SAÚDE

Adriana Camargo Ferrasi | Eduardo Martins Morgado
Emerson Carlos Sarti Ferrasi | Faberson Augusto Ferrasi



SEVEN

PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS
2022

INTERNET DAS COISAS

UMA BREVE INTRODUÇÃO E PERSPECTIVAS
NA ÁREA DA SAÚDE

Adriana Camargo Ferrasi | Eduardo Martins Morgado
Emerson Carlos Sarti Ferrasi | Faberson Augusto Ferrasi

EDITORA CHEFE

Prof^a Msc. Isabele de Souza Carvalho

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

ORGANIZADOR

Eduardo Martins Morgado

Autores

Adriana Camargo Ferrasi
Eduardo Martins Morgado
Emerson Carlos Sarti Ferrasi
Faberson Augusto Ferrasi

2022 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2022 Os Autores

Copyright da Edição © 2022 Seven Editora

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

ARTE E EDIÇÃO

Alan Ferreira de Moraes

COVER IMAGES

AdobeStok

BIBLIOTECÁRIA

Eliete Marques da Silva

ÁREA DO CONHECIMENTO

Ciências da saúde

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva da autora, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Seven Publicações Ltda. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos a autora, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Seven Publicações Ltda é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação.

Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste Livro foi enviado pela autora para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional

CORPO EDITORIAL

EDITORES CHEFE

Profª Msc. Isabele de Souza Carvalho

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Marçal. Universidade Vale do Rio Doce

Prof. Msc. Adriana Barni Truccolo- Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Prof. Msc. Marcos Garcia Costa Moraes- Universidade Estadual da Paraíba

Prof. Dra. Mônica Maria de Almeida Brainer - Instituto Federal Goiano Campus Ceres

Prof. Me. Caio Vinicius Efigenio Formiga - Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Me. Egas José Armando - Universidade Eduardo Mondlane de Moçambique.

Profª Drª. Ariane Fernandes da Conceição- Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Wanderson Santos de Farias - Universidad de Desarrollo Sustentable

Profª Drª. Maria Gorete Valus -Universidade de Campinas

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Internet das coisas [livro eletrônico] :
uma breve introdução e perspectivas na área da
saúde / Adriana Camargo Ferrasi...[et al.]. --
São José dos Pinhais, PR : Seven Events, 2022.
PDF.

Outros autores: Eduardo Martins Morgado,
Emerson Carlos Sarti Ferrasi, Faberson Augusto
Ferrasi.

Bibliografia.

ISBN 978-65-84976-16-0

1. Internet das coisas 2. Saúde pública
I. Ferrasi, Adriana Camargo. II. Morgado, Eduardo
Martins. III. Ferrasi, Emerson Carlos Sarti.
IV. Ferrasi, Faberson Augusto.

22-138329

CDD-610.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Internet das coisas : Inovações médicas 610.7

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

 Crossref  10.56238/seveditoidacoibreinpas-001

Seven Publicações Ltda
CNPJ: 43.789.355/0001-14
editora@sevenevents.com.br
São José dos Pinhais/PR

DECLARAÇÃO DO (A) AUTOR(A)

A autora desta obra **DECLARA** para os seguintes fins que:

1. Não possui qualquer interesse comercial que enseje um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado;
2. Declara que participou ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente nas seguintes condições: "a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão;"
3. Certifica que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos e vícios de autoria;
4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas;
5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa;
6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Seven Publicações Ltda.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Seven Publicações Ltda **DECLARA**, para fins de direitos deveres e eventuais aceções metodológicas ou jurídicas, que:

1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, constituindo direito sobre a publicação e reprodução dos materiais. Não se responsabilizando solidariamente na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; Sendo única e exclusivamente responsabilidade do (s) autor (es) a verificação de tais questões autorais e outras, se eximindo portando a Editora de eventuais danos civis, administrativos e penais que surjam.
2. Autoriza A DIVULGAÇÃO DA OBRA, pelo (s) autor (es) em palestras, cursos eventos, shows, meios midiáticos e televisivos, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial, com a apresentação dos devidos CRÉDITOS a SEVEN PUBLICAÇÕES LTDA, podendo ser responsabilizado o autor (es) e divulgadores pela omissão/apagamento de tais informações;
3. Todos os e-book são open access, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de e-commerce, ou qualquer outro meio virtual ou físico. Sendo, portanto, isenta de repasses de direitos autorais aos autores, vez que o formato não enseja demais direitos que não os fins didáticos e publicitários da obra que podem ser consultados a todo momento.
4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro;
5. A Seven Publicações Ltda, não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra, em conformidade ao Marco Civil da Internet, a Lei Geral de Proteção de Dados e a Constituição da República Federativa.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. População Mundial x Dispositivos Conectados	
.....	02
Figura 2. Arquitetura dos Dispositivos	
.....	05

Capítulo 2

Figura 1. Arduíno modelo UNO	
.....	10
Figura 2. Raspberry Pi 4 modelo B	
.....	11
Figura 3. Modelo ESP-WROOM-32	
.....	12
Figura 4. Sensor de temperatura e umidade (DHT22) conectado ao controlador	
.....	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPU - Central Process Unit CTO - Chief Technology Officer ECG – Eletrocardiograma

FDA - Food and Drug Administration GB – Gigabyte

GPS - Global Positioning System

HDMI – High-Definition Multimedia Interface IP - Internet Protocol

IoMT - Internet of Medical Things IoT - Internet of Things

MIT - Massachusetts Institute of Technology RFID - Radio Frequency Identification

USB - Universal Serial Bus

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

Internet das Coisas: um novo paradigma para a Internet

Faberson Augusto Ferrasi, Emerson Carlos Sarti Ferrasi e Eduardo Martins Morgado

.....	.01
Introdução	.....01
Definindo a internet das coisas	.....01
Aplicações da internet das coisas	.....04
Elementos da arquitetura básica da internet das coisas	.....05
Bibliografia	.....07

CAPÍTULO 2

Componentes da Internet das Coisas

Emerson Carlos Sarti Ferrasi, Faberson Augusto Ferrasi e Eduardo Martins Morgado

.....	.09
Arduíno	.....09
Raspberry PI	.....10
ESP32	.....11
Sensores analógicos	.....13
Sensores digitais	.....13
Bibliografia	.....16

CAPÍTULO 3

Internet das Coisas Aplicada a Área da Saúde

Adriana Camargo Ferrasi, Emerson Carlos Sarti Ferrasi, Faberson Augusto Ferrasi e Eduardo Martins Morgado

.....18

Bibliografia

.....22

ÍNDICE REMISSIVO

.....23

ÍNDICE REMISSIVO

A	
Agrícola.....	11
algoritmos.....	25, 28
Analógicos.....	22
aplicativos móveis.....	27
Arduíno	17, 18, 20, 23, 24, 25, 26
atuadores.....	9, 12, 14, 24
B	
<i>bluetooth</i>	20
<i>bootloader</i>	17
<i>buzzer</i>	24
C	
capacitivos	23
circuitos	17
<i>coisas</i>	6, 9, 10, 16, 25, 26
componentes.....	12, 17, 21
CPU	19
CTO	8
D	
<i>Data Warehouse</i>	16
deslocamento	22, 23, 24, 28
Digitais.....	22, 26
dispositivos.....	5, 6, 10, 11, 13, 16, 17, 21, 25, 27, 28, 29, 30
E	
Elétricos	24
ESP32	17, 20, 26
ESP-WROOM-32	20, 21, 25
Ethernet.....	13, 19, 20
F	
FDA	29, 31
fotoelétricos	23
fotopletismografia	28
G	
gases	23
GPS.....	29, 30
H	
hardware.....	8, 15, 16, 19, 26
HDMI.....	19, 20
Hidráulicos.....	24
I	
Indutivos	23
Infravermelho	23
Inteligência Artificial.....	16
intensidade	22
Internet das Coisas.....	5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 25, 26, 27
Internet das Coisas Médicas.....	27
IoT.....	27, 29, 30, 31
IoT5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32	
L	
LED	21
Logística	11
M	
memória.....	12, 13, 15, 17, 19, 25, 29, 30
micro SD.....	19, 20
microcontrolador	13, 17, 19, 20
microcontroladores.....	16, 17
Microondas	23

N	
nível	23
O	
<i>Open Source</i>	17
P	
PIR Sensor	28
Pneumáticos	25
Precisão	22
pressão	21, 22, 25, 28, 30
Processador	13, 18, 20, 21
processamento	9, 10, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 25
<i>Protoboard</i>	17
prototipação	17
protótipos	17
R	
RAM	19, 20
Raspberry Pi	17, 19, 20, 26
Resolução	21
RFID 6, 9, 14, 28, 31	
S	
SDK.....	20
Sensibilidade	22
sensores. 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26,	
27, 28, 29, 30	
Sistema Operacional	19
sistemas embarcados	13
<i>Smart Cities</i>	27
<i>smartphones</i>	31
<i>Software</i>	20
SpO2	29
T	
temperatura	14, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 30

tensão	22
Transporte	11
U	
Ultrassônico	23
umidade	11, 14, 23, 24, 27
V	
velocidade	17, 19, 20, 22, 28
W	
<i>Wifi</i>	20

EDITORA CHEFE

Profª Msc. Isabele de Souza Carvalho

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

ORGANIZADOR

Eduardo Martins Morgado

Autores

Adriana Camargo Ferrasi
Eduardo Martins Morgado
Emerson Carlos Sarti Ferrasi
Faberson Augusto Ferrasi

2022 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2022 Os Autores

Copyright da Edição © 2022 Seven Editora

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

ARTE E EDIÇÃO

Alan Ferreira de Moraes

COVER IMAGES

AdobeStok

BIBLIOTECÁRIA

Eliete Marques da Silva

ÁREA DO CONHECIMENTO

Ciências da saúde

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva da autora, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Seven Publicações Ltda. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos a autora, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Seven Publicações Ltda é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação.

Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste Livro foi enviado pela autora para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional

CORPO EDITORIAL

EDITORES CHEFE

Profª Msc. Isabele de Souza Carvalho

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Marçal. Universidade Vale do Rio Doce

Prof. Msc. Adriana Barni Truccolo- Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Prof. Msc. Marcos Garcia Costa Morais- Universidade Estadual da Paraíba

Prof. Dra. Mônica Maria de Almeida Brainer - Instituto Federal Goiano Campus Ceres

Prof. Me. Caio Vinicius Efigenio Formiga - Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Me. Egas José Armando - Universidade Eduardo Mondlane de Moçambique.

Profª Drª. Ariane Fernandes da Conceição- Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Wanderson Santos de Farias - Universidad de Desarrollo Sustentable

Profª Drª. Maria Gorete Valus -Universidade de Campinas

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Morgado, Eduardo Martins

Internet das coisas uma breve introdução e perspectivas na área da saúde [livro eletrônico] / [Eduardo Martins Morgado, Emerson Carlos Sarti Ferrasi, Faberson Augusto Ferrasi ; organização Adriana Camargo Ferrasi]. -- 1. ed. -- São José dos Pinhais, PR : Seven Events, 2022.

PDF.

ISBN 978-65-84976-16-0

1. Internet das coisas 2. Saúde pública
I. Ferrasi, Emerson Carlos Sarti. II. Ferrasi, Faberson Augusto. III. Ferrasi, Adriana Camargo. IV. Título.

22-138329

CDD-610.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Internet das coisas : Inovações médicas 610.7

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

 Crossref  10.56238/seveditoidacoibreinpas-001

Seven Publicações Ltda
CNPJ: 43.789.355/0001-14
editora@sevenevents.com.br
São José dos Pinhais/PR

DECLARAÇÃO DO (A) AUTOR(A)

A autora desta obra **DECLARA** para os seguintes fins que:

1. Não possui qualquer interesse comercial que enseje um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado;
2. Declara que participou ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente nas seguintes condições: "a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão;"
3. Certifica que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos e vícios de autoria;
4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas;
5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa;
6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Seven Publicações Ltda.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Seven Publicações Ltda **DECLARA**, para fins de direitos deveres e eventuais aceções metodológicas ou jurídicas, que:

1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, constituindo direito sobre a publicação e reprodução dos materiais. Não se responsabilizando solidariamente na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; Sendo única e exclusivamente responsabilidade do (s) autor (es) a verificação de tais questões autorais e outras, se eximindo portando a Editora de eventuais danos civis, administrativos e penais que surjam.
2. Autoriza A DIVULGAÇÃO DA OBRA, pelo (s) autor (es) em palestras, cursos eventos, shows, meios midiáticos e televisivos, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial, com a apresentação dos devidos CRÉDITOS a SEVEN PUBLICAÇÕES LTDA, podendo ser responsabilizado o autor (es) e divulgadores pela omissão/apagamento de tais informações;
3. Todos os e-book são open access, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de e-commerce, ou qualquer outro meio virtual ou físico. Sendo, portanto, isenta de repasses de direitos autorais aos autores, vez que o formato não enseja demais direitos que não os fins didáticos e publicitários da obra que podem ser consultados a todo momento.
4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro;
5. A Seven Publicações Ltda, não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra, em conformidade ao Marco Civil da Internet, a Lei Geral de Proteção de Dados e a Constituição da República Federativa.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. População Mundial x Dispositivos Conectados	
.....	02
Figura 2. Arquitetura dos Dispositivos	
.....	05

Capítulo 2

Figura 1. Arduíno modelo UNO	
.....	10
Figura 2. Raspberry Pi 4 modelo B	
.....	11
Figura 3. Modelo ESP-WROOM-32	
.....	12
Figura 4. Sensor de temperatura e umidade (DHT22) conectado ao controlador	
.....	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPU - Central Process Unit CTO - Chief Technology Officer ECG – Eletrocardiograma

FDA - Food and Drug Administration GB – Gigabyte

GPS - Global Positioning System

HDMI – High-Definition Multimedia Interface IP - Internet Protocol

IoMT - Internet of Medical Things IoT - Internet of Things

MIT - Massachusetts Institute of Technology RFID - Radio Frequency Identification

USB - Universal Serial Bus

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

Internet das Coisas: um novo paradigma para a Internet

Faberson Augusto Ferrasi, Emerson Carlos Sarti Ferrasi e Eduardo Martins Morgado

.....	01
Introdução	01
Definindo a internet das coisas	01
Aplicações da internet das coisas	04
Elementos da arquitetura básica da internet das coisas	05
Bibliografia	07

CAPÍTULO 2

Componentes da Internet das Coisas

Emerson Carlos Sarti Ferrasi, Faberson Augusto Ferrasi e Eduardo Martins Morgado

.....	09
Arduíno	09
Raspberry PI	10
ESP32	11
Sensores analógicos	13
Sensores digitais	13
Bibliografia	16

CAPÍTULO 3

Internet das Coisas Aplicada a Área da Saúde

Adriana Camargo Ferrasi, Emerson Carlos Sarti Ferrasi, Faberson Augusto Ferrasi e Eduardo Martins Morgado

.....18

Bibliografia

.....22

ÍNDICE REMISSIVO

.....23

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea passa por uma disrupção em seu modo de interagir e comunicar. Tal fato ocorre em grande parte pelos avanços sofridos pela Internet desde o seu surgimento. Castells (1999), faz uma ampla análise sobre as revoluções sociais em decorrência do advento da evolução das tecnologias da informação e comunicação e sobre como a Internet redefiniu a forma da sociedade organizar-se. Castells (2003), qualifica a Internet como uma “base tecnológica para a organização da Era da Informação: a rede”.

Desde os seus primeiros ensaios no final da década de 1960 a Internet avança em direção das possibilidades em estender-se a capacidade computacional através da interconexão de computadores remotamente, ou seja, em rede. Ao longo das décadas sua evolução impulsionou o avanço tecnológico dos próprios computadores e possibilitou o surgimento de outros dispositivos, como por exemplo, os Smartphones.

Estes dispositivos, conhecidos como tecnologias móveis, apoiam toda a sua capacidade na interconectividade com a rede mundial de computadores, trazendo uma forma mais dinâmica em obter e transmitir dados.

Nos dias atuais a Internet, em conjunto com tais tecnologias, atravessa uma de suas maiores revoluções tecnológicas onde o distanciamento do concreto e o digital torna-se uma linha tênue. A Internet das Coisas (do inglês: Internet of Things ou IoT) desponta como uma nova fase de evolução da Internet, que traz um novo paradigma tecnológico, digital e comportamental na utilização dos recursos presentes na Internet.

Como parte fundamental da sociedade, a Internet para a integrar-se a vida cotidiana de maneira instantânea e intensa. Para Atzori et al. (2010), atualmente, a Internet das Coisas vem ganhando grande destaque no cenário das telecomunicações e está sendo considerada a revolução tecnológica que representa o futuro da computação e comunicação.

2 DEFININDO A INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas surge do avanço das tecnologias móveis em consonância com a evolução da Internet. Traz um novo conceito na utilização da interconexão com a Internet por meio de dispositivos computacionais, denominados como “objetos” ou simplesmente “coisas”. Tais elementos passarão a interagir com os ambientes físicos extraindo dados e compartilhando-os de forma autônoma com outros dispositivos e pessoas.

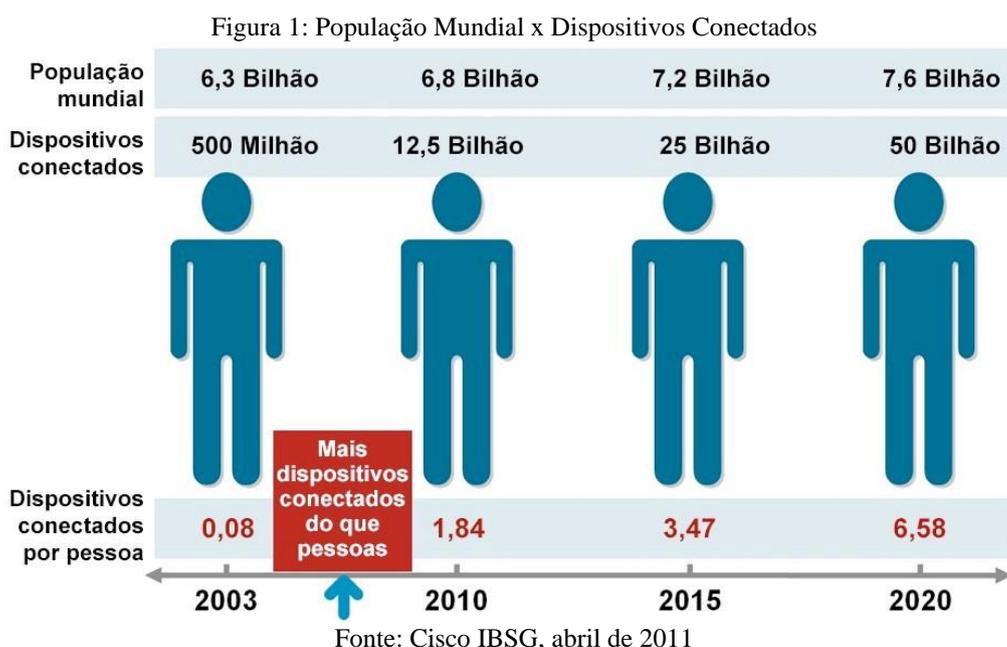
Segundo EVANS (2011):

“A IoT (Internet of Things, Internet das coisas), algumas vezes referida como a Internet dos objetos, mudará tudo, inclusive nós mesmos. Isso pode parecer uma declaração arrojada, mas considere o impacto que a Internet já teve na educação, na comunicação, nos negócios, na ciência, no governo e na humanidade.”

Essas afirmações são evidenciadas pela constatação da quantidade de dispositivos os quais temos atualmente interconectados à Internet. Não são mais somente os computadores convencionais que fazem parte deste cenário, mas também a televisores, notebooks, telefones celulares, geladeiras, consoles de jogos, sistemas de monitoramento e segurança e até mesmo automóveis (XU; HE; LI, 2014).

Ainda, segundo EVANS (2011) em “A Internet das coisas”, estimava-se que em 2020 atravessaríamos o marco de 50 bilhões de novos dispositivos interconectados. Na figura 1 podemos visualizar tais projeções. Esse cenário parece indicar que a IoT representa a próxima evolução da internet, aumentando a capacidade de coletar, analisar e distribuir dados, em um ciclo onde “dados geram dados”, importante caminho para análises preditivas.

O termo popularmente conhecido que denomina a atual fase de evolução da Internet, surge de fato em setembro de 1999. Nesta ocasião sob uma tentativa despreziosa em chamar atenção dos ouvintes de sua palestra Kevin Ashton do MIT (Massachusetts Institute of Technology) intitula sua apresentação como: Internet of Things. Nesta palestra Ashton abordava uma nova ideia sobre o sistema RFID (Radio Frequency Identification) para a rastreabilidade de produtos na cadeia de suprimentos. Somente em 2009, dez anos após isso Ashton escreve um artigo abordando de fato o tema sobre IoT em “That 'Internet of Things' Thing”.



Partindo para definição mais clássica e pontual, o Quadro 1, extraído e adaptado de Mancini (2018), expõe alguns conceitos tratados na literatura:

De fato, a Internet das Coisas tem a sua essência apoiada na Computação Ubíqua. Este termo foi criado por Mark Weiser, um cientista da computação que atuava como CTO (Chief Technology Officer) na Xerox's Palo Alto Research Center (Parc) e descritos no artigo *The Computer for 21st Century*, publicado em 1991. No texto defendia uma visão de futuro em que os computadores seriam invisíveis e incorporados aos objetos do cotidiano, substituindo os PC's habituais. Para isso ele afirma que:

“Teremos a era da tecnologia calma, pois as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem, elas tecem-se no tecido da vida cotidiana até serem indistinguíveis dele, onde elementos especializados de hardware e software ligados por fio e ondas de rádio, serão tão onipresentes que nem notaremos a sua existência” (WEISER, 1991, p.1).

Quadro 1 - Definições sobre Internet das Coisas (IoT) a partir de diversas fontes da literatura.

AUTORES	DEFINIÇÃO
ASHTON (2009)	<i>Designar processos que envolvam objetos conectados em rede e que produzam e/ou processem informação em tempo real e de forma autônoma.</i>
LEMONS, (2013, p.239)	<i>É um conjunto de redes, sensores, atuadores, objetos ligados por sistemas informatizados que ampliam a comunicação entre pessoas e objetos e entre objetos de forma autônoma, automática e sensível ao contexto.</i>
ALZORI et al (2011, p. 2787)	<i>A ideia básica desse conceito é a presença generalizada à nossa volta de uma variedade de coisas ou objetos – como tags de identificação por radiofrequência (RFID), sensores, atuadores, telefones celulares, etc. – que, por meio de esquemas de endereçamento exclusivos, são capazes para interagir uns com os outros e cooperar com outros objetos para alcançar objetivos comuns.</i>
ETSI (ONEM2M) (2022)	<i>Comunicação máquina-máquina é a comunicação entre duas ou mais entidades que não precisam necessariamente de uma intervenção humana direta. Os serviços M2M pretendem automatizar o processo de decisão e comunicação.</i>
FRIEDWALD; RAABE (2011)	<i>Ubiquidade, computação pervasiva, ambiente inteligente e internet das coisas são conceitos praticamente idênticos. Ubiquidade é a contínua otimização e a promoção de processos sociais e econômicos por inúmeros microprocessadores e sensores integrados ao ambiente.</i>
EVANS (2011)	<i>A IoT é o momento exato em que foram conectados à Internet mais "coisas ou objetos" do que pessoas.</i>
GARTNER (2017)	<i>A "Internet das coisas" (IoT) é definida como a rede de objetos físicos que contém tecnologia embutida para se comunicar e sentir ou interagir com o ambiente externo ou com estados internos.</i>
MANCINI (2018)	<i>A Internet das Coisas proporciona aos objetos do dia a dia, com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à internet. Essa conexão viabilizará controlar remotamente os objetos, e acessá-los como provedores de serviços, e se tornarão objetos inteligentes ou smart objects. Os objetos inteligentes possuem capacidade de comunicação e processamento aliados aos sensores.</i>

Este conceito consiste na ideia em que “coisas” colem, armazenem e compartilhem uma grande quantidade de dados, onde uma vez processados e analisados podem gerar uma gigantesca quantidade de informações e geração de serviços de forma autônoma através da Internet.

3 APLICAÇÕES DA INTERNET DAS COISAS

Como expõe o Quadro 1, a IoT tange a uma nova fase da internet, que permite a comunicação entre objetos (coisas) e pessoas em um cenário onde são interconectadas remotamente via internet, sendo assim possibilitando o acesso a dispositivos, automatizando os processos do cotidiano. Dessa forma, as pessoas podem obter informações precisas em qualquer hora e qualquer lugar, além de resolver eventuais problemas do dia a dia.

Visando a expansão e desenvolvimento da Internet das Coisas no Brasil criou-se o Plano Nacional de Internet das Coisas, por meio do Decreto nº 9.854 (2019). Tal decreto estabelece, em seu artigo 2º, algumas definições importantes.

I - Internet das Coisas - IoT - a infraestrutura que integra a prestação de serviços de valor adicionado com capacidades de conexão física ou virtual de coisas com dispositivos baseados em tecnologias da informação e comunicação existentes e nas suas evoluções, com interoperabilidade;

II - Coisas - objetos no mundo físico ou no mundo digital, capazes de serem identificados e integrados pelas redes de comunicação;

III - Dispositivos - equipamentos ou subconjuntos de equipamentos com capacidade mandatória de comunicação e capacidade opcional de sensoriamento, de atuação, de coleta, de armazenamento e de processamento de dados; (BRASIL, 2019, web, grifo nosso).

Avaliando as tecnologias e onde podem ser melhor empregadas, visando a melhoria no cotidiano das pessoas, o Plano Nacional de Internet das Coisas estabelece objetivos de suma importância.

Podemos observar alguns desses objetivos, no artigo 3º, onde é mencionada a implantação de soluções de IoT para melhorar a qualidade da vida das pessoas e por meio de parcerias público-privadas.

As possibilidades de aplicação da IoT são vastas e se expandem com o passar dos anos, sendo excelentes exemplos as áreas:

- Saúde: monitoramento de pacientes e aferimento remoto dos indicadores de saúde, onde os médicos podem acessar o estado de saúde dos pacientes;
- Logística e Transporte: acompanhamento de estoque e análise de fluxo de entrada e saída de produtos. Rastreamento de entregas e fluxo de veículos;
- Agrícola: sensores instalados no solo avaliam desde a umidade até indicadores químicos, podendo o agricultor monitorar os processos de plantio,

como irrigação e evolução de pragas. Estação climática para monitoramento do clima.

- Meio Ambiente: sensores podem ser instalados para monitoramento da eficiência energética, visando melhor gerenciamento dos recursos e preservação ambiental.

É inquestionável o potencial da aplicação dos conceitos da Internet das Coisas nessas áreas, contudo, não devem ser desconsiderados os desafios a serem superados, como os a necessidade de universalizar padrões, segurança, infraestrutura de redes, criação de novos dispositivos físicos, dentre outros.

Não obstante, se alinhados aos avanços tecnológicos dos dispositivos móveis disponíveis atualmente, podem promover uma verdadeira revolução na maneira em que são gerados e consumidos dados e, principalmente, como são esses dados são compartilhados. Essas questões têm sido objeto de estudo de diversos eixos das tecnologias emergentes. Existe um alto investimento pelas grandes empresas de tecnologia, como Microsoft, Google, Intel, Qualcomm, dentre tantas outras. E o resultado disso é que inúmeras áreas podem se beneficiar das possibilidades da IoT.

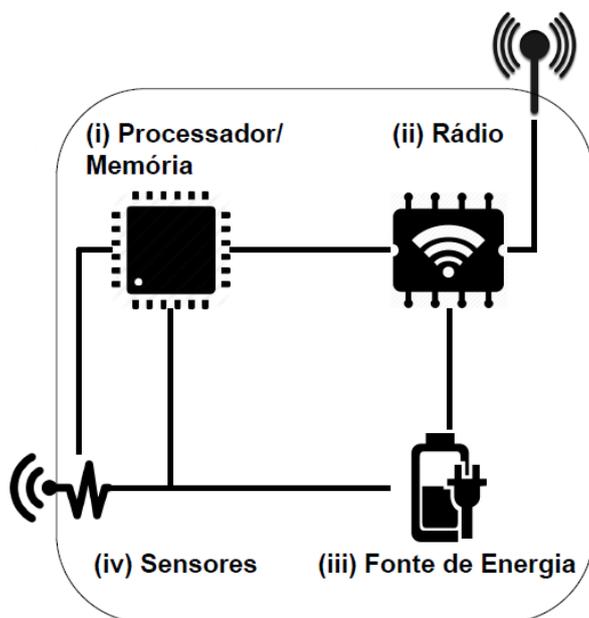
4 ELEMENTOS DA ARQUITETURA BÁSICA DA INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas é constituída pela junção de diversas tecnologias sob o objetivo da interconexão dos objetos dos ambientes físicos com a Internet. Como ocorre nas redes de computadores e especificamente na Internet, cada nó ou objeto conectado é identificado por um endereço IP1(Internet Protocol).

De acordo com Santos et al. (2016), dentre os elementos que constituem a arquitetura básica do IoT, podem ser elencados: i) processamento/memória, ii) comunicação, iii) energia e iv) sensores/atuadores.

Na figura 2 podemos verificar a representação da arquitetura básica de um dispositivo aplicado a IoT e a interligação entre seus componentes, os quais serão descritos a seguir:

Figura 2: Arquitetura dos Dispositivos



Fonte: Santos et al. (2016)

i. **Processador/memória:** Trata-se de um conjunto formado por uma memória interna para armazenamento de dados e os programas a serem executados. Um microcontrolador e um conversor analógico-digital responsáveis por receber os sinais dos sensores. As CPUs geralmente são as mesmas utilizadas em sistemas embarcados, com um baixo poder de processamento e são acompanhadas por uma memória externa auxiliar flash2 onde os dados a serem obtidos pelos sensores são armazenados e quando necessário devidamente obtidos e processados.

ii. **Comunicação (Radio):** Para que ocorra a comunicação na Internet das Coisas entre os dispositivos é necessário ao menos um canal de comunicação com ou sem fio. Comumente são utilizados os meios sem fio de rádio de baixo custo e potência, em consequência disso também de curto alcance. Dentre as tecnologias mais comuns: Ethernet, WiFi, ZigBee, Bluetooth, 3G/4G. É de extrema importância a correta mensuração da comunicação devido ao alto consumo de energia de algumas tecnologias inviabilizando a sua operacionalização.

iii. **Fontes de Energia:** São responsáveis pelo fornecimento de energia ao objeto/dispositivo inteligente. Geralmente esta fonte de energia é oferecida uma bateria externa recarregável ou não, mas existem outras fontes como os adaptadores AC/DC interligados a rede elétrica. Também pode ser utilizada a energia gerada pela luz solar ou ainda obtida por meio da conversão de energia mecânica em energia elétrica.

iv. **Unidades de Sensores/Atuadores:** Os sensores realizam o monitoramento dos ambientes físicos via sensoriamento contínuo ou alternado conforme a implementação. Estes elementos capturam os valores dos indicadores ambientais (grandezas físicas) como por exemplo, a temperatura, umidade, luminosidade, dentre muitos outros. Atualmente existem centenas de tipos de sensores. Já os atuadores são responsáveis por executar ações, como movimentos por servo motores, emissões sonoras, rotações, entre outros, podendo ser elétricos, manuais ou mecânicos.

BIBLIOGRAFIA

- ASHTON, K. That 'internet of things' thing. *RFID Journal*, 22(7):97–114. 2009;
- ATZORI, L., IERA, A., MORABITO, G. The Internet of Things: A survey, 2010. *Computer Networks* 54 (2010), p. 2787–2805. Disponível em: http://www.elsevier.com/data/assets/pdf_file/0010/187831/The-Internet-of-Things.pdf. Acesso em: 25 de outubro de 2022
- LEMOS, A. A Comunicação das Coisas: teoria ator-rede e cibercultura. São Paulo: Annablume, 310 p, 2013;
- BRASIL. Decreto Nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm. Acesso em: 12 de outubro de 2020
- CASTELLS, M. A Galáxia da Internet: Reflexões sobre a Internet, os negócios e a sociedade. Rio de Janeiro: Zahar, 243 p, 2003.
- CASTELLS, M. A sociedade em rede. v.1 São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- EVANS, D. A Internet das Coisas: Como a Próxima Evolução da Internet Está Mudando Tudo. [s.l.]: Cisco (ibsg), 2011.
- CASAGRAS. CASAGRAS na EU framework 7 project. Disponível em: <https://docbox.etsi.org/zArchive/TISPAN/Open/IoT/low%20resolution/www.rfidglobal.eu%20CASAGRAS%20IoT%20Final%20Report%20low%20resolution.pdf>. Acesso em: 02 de setembro de 2022
- FRIEDEWALD, M., RAABE, O. Ubiquitous computing: an overview of technology impacts. *Telematics and Informatics*, Telematics and Informatics, vol. 28, p.55-65, 2011.
- GARTNER. Internet of Things Definition. 2017. Disponível em: <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>. Acesso em: 14 de janeiro de 2020.
- MANCINI, M. Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios, 2018. Disponível em: http://monicamancini.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Monica_Mancini-Ebook_Iot.pdf. Acesso em: 05 de agosto 2022.
- SANTOS, B.P. et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Minicursos / XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos; Porto Alegre: SBC, 2016. p.01-50. Disponível em: <https://bps90.github.io/assets/files/MinicursosSBRC2016.pdf>. Acesso em: 13 de setembro de 2022.
- TECHMUNDO. O que é memória Flash? 2012. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/hardware/198-o-que-e-memoria-flash-.htm>. Acesso em 11 de janeiro de 2021.
- TECHTUDO. O que é o IP? Descubra para que serve e qual é seu número. 2013. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2013/05/o-que-e-o-ip-descubra-para-o-que-serve-e-qual-e-seu-numero.ghtml>. Acesso em 14 setembro 2022.

WEISER, M. The computer for the 21st century, Scientific American, pp. 94-104, Set 1991, Disponível em: <https://www.lri.fr/~mbl/Stanford/CS477/papers/Weiser-SciAm.pdf>, Acesso em: 18 de setembro de 2022.

XU, L. D., HE, W., LI, S. Internet of Things in Industries: A Survey. IEEE Trans. Ind. Inf. 10:2233–2243, 2014.

1 INTRODUÇÃO

Simplificando, a Internet das Coisas (IoT) é a combinação de diversas tecnologias que permitem a integração dos objetos (coisas) do ambiente físico ao ambiente digital. Os blocos básicos envolvidos na construção da IoT envolvem sensores que coletam dados que serão processados por microcontroladores que, por sua vez, poderão controlar unidades atuadoras.

Atualmente, estão disponíveis inúmeros modelos de microcontroladores e sensores, o que proporciona captar e gerar uma grande quantidade de dados, em tempo reduzido. O conjunto desses dados está cada vez sendo mais utilizado para nortear a tomada autômata de decisões, o planejamento e a previsão de demandas, seja pelo comportamento de cada indivíduo na internet, pelos seus hábitos de consumo, utilização de serviços e até mesmo por registros anatômicos ou marcadores biológicos. Tais informações, por exemplo podem ser captadas por sensores acoplados diretamente ao corpo ou localizados nos itinerários ou simplesmente coletados pelos navegadores da internet.

Comumente, esses dados são armazenados em Data Warehouse, um repositório central projetado para análises de dados, que envolvem a leitura, filtragem e processamento de grandes quantidades de dados para compreender relações e tendências entre eles. Cada vez mais essas análises estão sendo implementadas com Inteligência Artificial.

Ao mencionar IoT, a referência mais comum remete às tecnologias de captação e troca de dados através de um meio de comunicação, mas temos que considerar que tais dispositivos também podem atuar ligando e desligando outros dispositivos acoplados a eles, em uma cadeia de automação sem precedentes.

Atualmente, estão disponíveis no mercado várias plataformas, complexos dispositivos de hardware e sensores capazes de, em conjunto, realizar as tarefas de captação, coleta, transmissão e atuação.

Pela sua facilidade de uso, popularidade e suporte, os microcontroladores mais utilizados são o Arduíno, o Raspberry Pi e o ESP32, descritos a seguir:

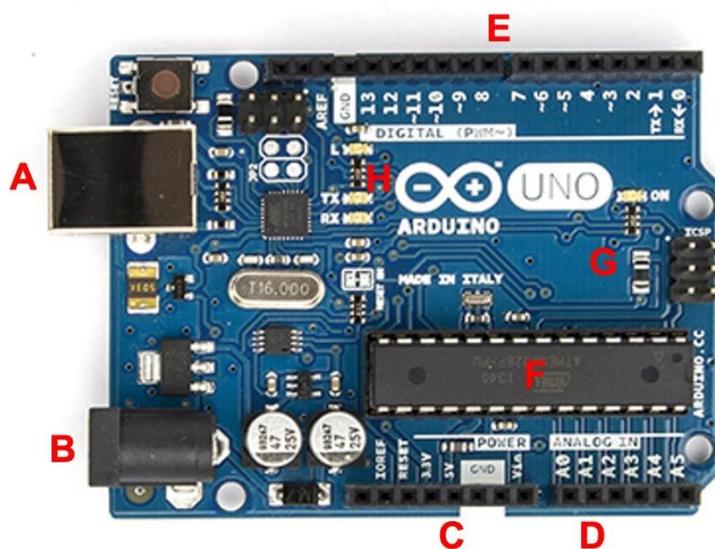
2 ARDUÍNO

Desenvolvido por Massimo Branzi e colaboradores, na Itália, em 2005, essa placa de circuitos foi criada para prototipação de dispositivos eletrônicos. Utiliza o conceito de livre programação (Open Source Hardware), onde são disponibilizados componentes adaptáveis, reutilizáveis e de baixo custo. Basicamente, é composto por uma placa única de circuitos com entradas e saída digitais e analógicas para um

microcontrolador programável de 8 bits Atmel AVR, um ambiente de desenvolvimento e um bootloader (gerenciador de inicialização) já gravado no microcontrolador.

A prototipação mais comum, envolvendo o Arduíno, utiliza uma placa de plástico, conhecida como Protoboard, onde é possível acoplar os sensores e ligá-los às portas digitais e analógicas. Assim, é possível a construção de dispositivos sem a utilização de soldagem dos componentes, facilitando a montagem dos protótipos e permitindo recombinações de componentes, bem como a sua reutilização em outros projetos, reduzindo o desperdício dos recursos empregados nos projetos. A alimentação pode ocorrer por conexão USB (do inglês, Universal Serial Bus) ou com uma fonte de alimentação externa de 5V e 500mA. Existem vários modelos de arduíno (Uno, Duemilanove, Mega, entre outros) e as principais diferenças são a velocidade no processamento, a quantidade de memória, e o número e tipo de pinos. A figura 1 apresenta um modelo de arduíno.

Figura 1. Arduíno modelo UNO. A) USB para alimentação e comunicação; B) Alimentação alternativa; C) Pinos de alimentação (saídas e entradas); D) Pinos de entrada analógica; E) Pinos de entrada/saída digital; F) Processador; G) Botão de Reset; H) LEDs (RX e TX indicam comunicação série).



3 RASPBERRY PI

Diferente do Arduino, o Raspberry Pi não se limita a um microcontrolador com portas e pode ser considerado um microcomputador de placa única, ou seja, em uma só placa de circuito, possui, nativamente, conexão Ethernet, porta USB, armazenamento em cartão micro SD e saída HDMI.

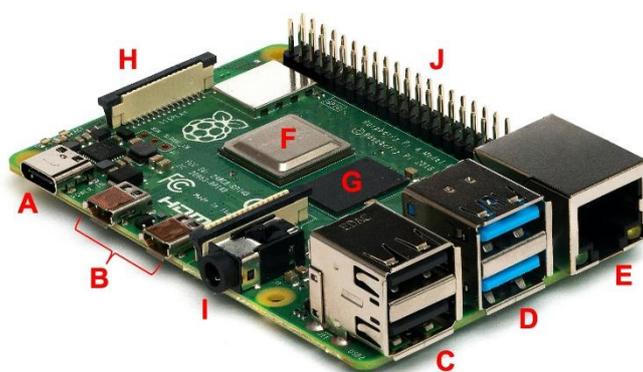
Apresenta CPU (do inglês, Central Process Unit) com tecnologia ARM V8, velocidade de 1.5 GHz, memória RAM variável entre 1 e 8 GB e, por ter saída de vídeo, possui um processador gráfico que permite a reprodução de imagens Full HD.

Disponível em diversas versões, o Raspberry Pi é um hardware pequeno (dimensões de um cartão de crédito) mas com capacidade de processamento e recursos semelhantes aos de alguns computadores de menor desempenho ainda disponíveis no mercado. Como é totalmente customizável, pode ser utilizado para diversos processos de controle, desde atividades simples como alimentar uma planilha de dados até

aplicações em ambientes industriais, como, por exemplo, controle de robôs ou outras soluções que envolvam automação, com uma relação muito interessante de custo e benefício.

Seu funcionamento se baseia na inicialização de um Sistema Operacional (SO) gravado no cartão SD e, após o boot inicial, se desenvolvem todas as atividades de um SO, análogo ao que seria executado em uma estação de trabalho e podem ser desenvolvidas as mais diferentes tarefas, como por exemplo, navegar pela internet e utilizar aplicativos suportados pelo seu hardware. O site da Fundação Raspberry Pi (<https://www.raspberrypi.org/>) disponibiliza vários sistemas operacionais. A figura 2 apresenta um modelo de Raspberry Pi.

Figura 2. Raspberry Pi 4 modelo B. A. USB C para alimentação; B. Entradas HDMI; C. USB 2.0; D. USB 3.0; E. Entrada Ethernet; F. Processador; G. Memória RAM; H. Entrada micro SD; I. Saída de áudio; J. Pinos de conexão de entrada/saída de dados dos sensores.



4 ESP32

Projetado pela Espressif Systems em 2016, o microcontrolador ESP32 é considerado como um dos mais robustos controladores do mercado, com alta velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade, fortalecida pela conexão sem fios (wifi) e múltiplos sensores embutidos.

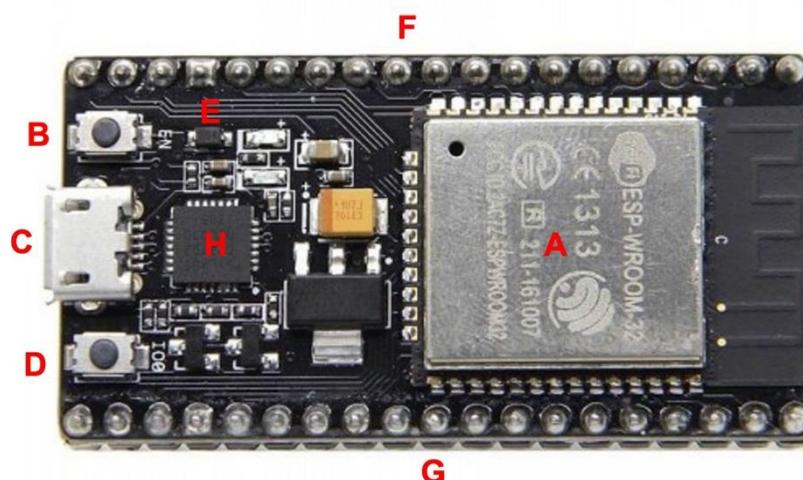
Seu processador pode ser single ou dual-core (dois núcleos físicos de processamento) de 32 bits, podendo atingir frequências de clock de até 240 MHz durante o trabalho, cuja capacidade de armazenamento pode ser o dobro dos do Arduino.

Ademais, apresenta excelente conectividade, garantida por dois módulos ímpares de integração incorporados ao seu chip, com acesso a redes de transmissão sem fio, através de ondas de rádio, representadas pelo protocolo bluetooth e o wifi.

A programação pode ser realizada em diversos softwares compatíveis, inclusive a linguagem C/C++, que pode ser desenvolvida no programa Software Development kit (SDK) e, por apresentar uma robusta conectividade sem fio pode ser programado remotamente.

A Figura 3 exhibe o modelo ESP-WROOM-32, plataforma que se destaca por possuir módulo WiFi integrado, tamanho reduzido e alto poder de processamento.

Figura 3. Modelo ESP-WROOM-32. A. Processador; B. Botão de reset (EM); C. Porta Micro USB; D. Botão boot (permite a gravação de dados); E. LED de alimentação; F. Pinos de entrada/saída digital; G. Pinos de entrada/saída analógica; H. Gerenciador da comunicação USB.



Os sensores são os componentes responsáveis pela obtenção de valores de entrada, ou seja, as informações iniciais de um ambiente, e, com a aquisição desses dados, é possível convertê-los para um formato digital através das portas analógicas e posteriormente manipulá-lo.

Atualmente, devido à proliferação do uso de dispositivos móveis, os sensores estão bem mais acessíveis e disponíveis no mercado, juntamente com as placas microcontroladoras de baixo custo, permitindo a criação dos mais variados projetos.

Os sensores podem utilizar meios de captura mecânicos, elétricos, ópticos, entre outros, que são usados para quantificar ou qualificar aspectos de um sinal, mensurando seus valores físicos, formados geralmente por componentes eletrônicos baseados em células sensíveis com capacidade de detecção de temperatura, pressão, presença de gás, luminosidade, variação de cor, e afins.

Após o processo de detecção, o sensor gera uma saída de informações em formato digital, que pode ser recebida por um circuito acoplado, que por sua vez faz uso dessa informação digitalizada.

São características dos sensores:

a) **Resolução:** propriedade que indica a menor alteração que o sensor pode capturar, está relacionada com a precisão que a medição é feita. Os dispositivos digitais têm uma especificação de resolução baseada no bit menos significativo, gerado por ele, e caso seja insuficiente, pode gerar uma informação imprecisa. Resolução é a menor medida que um sensor pode indicar.

b) **Sensibilidade:** indica qual a menor variação de intensidade na unidade de medida que o sensor pode detectar, ou seja, a menor variação de valores que mede, onde possa causar uma alteração significativa do valor de saída. A maneira como a sensibilidade é expressa depende tanto do que está sendo medido como do tipo de sinal que é convertido na saída. A sensibilidade pode variar na dependência da faixa de valores, ou seja, um sensor pode ser mais sensível numa faixa e menos sensível em outra faixa de valor. A sensibilidade de um sensor é definida como a relação entre o sinal de entrada físico e o sinal de

saída elétrica. Concluindo, é a razão entre uma pequena variação no sinal elétrico para uma pequena variação em um sinal físico.

c) **Precisão:** Resulta da diferença entre o valor medido e o valor real. Melhor esclarecendo, define qual o maior valor de erro esperado entre o sinal de saída real e o sinal ideal. Grau de concordância entre valores apurados, obtidos por medições repetidas, no mesmo ponto de medição. A precisão indica o valor da exatidão, em porcentagem, em relação ao valor exato, isto é, informa variação que o instrumento pode registrar.

Os sensores nada mais são do que um circuito eletrônico, também conhecidos como transdutores e são divididos em dois grupos, os que trabalham com captura de sinais analógicos e os digitais:

5 SENSORES ANALÓGICOS

Dispositivos usados para detectar continuamente uma grandeza física, trabalham com sinais que podem ter qualquer valor entre dois limites. São utilizados para mensurar dados como temperatura, velocidade, pressão, deslocamento, tensão e as demais medidas analógicas.

6 SENSORES DIGITAIS

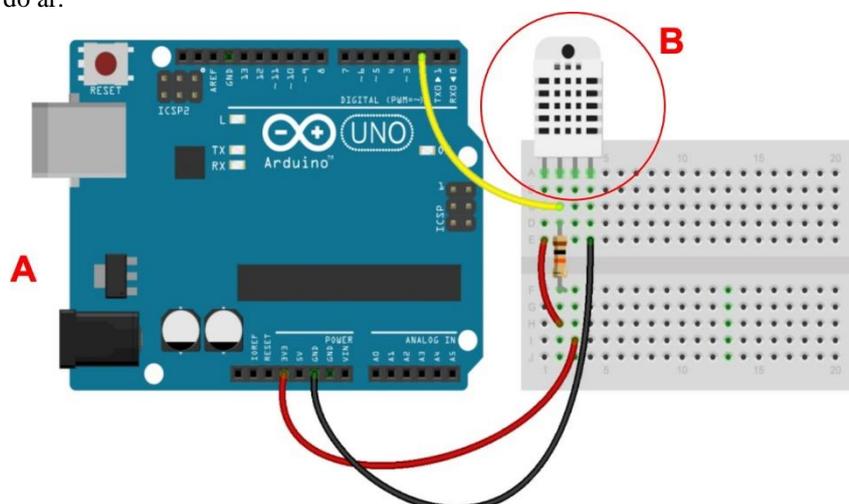
Os valores obtidos pelos sensores digitais passam por um processo de conversão onde os valores iniciais são traduzidos para os estados de 0 e 1, geralmente interpretado como falso/verdadeiro, aberto/fechado, desligado/ligado.

Dentre os principais tipos de sensores destacam-se:

- Infravermelho: detecta o calor dos corpos (energia infravermelha).
- Ultrassônico: com o mesmo princípio do sonar, mede o intervalo de tempo entre um impulso sonoro emitido e o retorno do eco recebido, calculando a distância de um alvo em movimento.
- Microondas: identifica o movimento de um objeto em ao enviar ondas de rádio e medir o retorno deste sinal.
- Indutivos: detecta a presença de objetos metálicos através de um campo eletromagnético.
- Sensores capacitivos: permite a detecção de deslocamento de objetos metálicos e não metálicos; são altamente precisos.
- Sensores fotoelétricos: utiliza o processo de emissão e recepção de luz para a detecção de presença ou a ausência de um alvo, muito usado para detecção de longa distância.
- Sensores de gases: detecta a presença e a concentração de gases em determinado ambiente, como o dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, oxigênio e ozônio.
- Sensores de nível: desenvolvido a base de um resistor variável, de modo que a resistência muda de acordo com o nível de água, é usado para determinar o volume de líquidos.

Para um sensor ser utilizado em um dispositivo IoT, é necessário que seja feita a conexão das portas do controlador, por exemplo do arduíno, com os respectivos pinos do sensor. A figura 4 mostra um esquema onde o pino do sinal está conectado à porta digital de um Arduino que irá receber os valores de temperatura e umidade relativa do ar:

Figura 4. Sensor de temperatura e umidade (DHT22) conectado ao controlador Arduino. A. Arduino; B. Sensor DHT22 de temperatura e umidade do ar.



Fonte: <https://fritzing.org/>, 2022 (adaptado)

Por último, os atuadores convertem os sinais de corrente ou voltagem em sinais fisicamente úteis como movimento, luz, som, força ou rotação, entre outros. Exemplos de atuadores são motores, LEDs ou sistemas de luzes que acendem automaticamente quando escurece ou um buzzer (campainha) que emita sinais sonoros.

Alguns tipos de atuadores são elencados a seguir:

Elétricos

Utilizam a conversão de energia elétrica em energia mecânica, comumente empregados para movimentar um determinado controle, podendo funcionar como um interruptor, em operações realizadas à distância, garantindo inúmeras aplicações. Geralmente trabalha em conjunto a um equipamento de controle e posicionadores.

Hidráulicos

Convertem a energia ou força hidráulica em energia mecânica, gerando movimentos lineares. Com isso é possível o deslocamento de objetos pesados. O seu funcionamento se dá pelo uso de fluido hidráulico, com óleos especialmente projetados tais equipamentos.

Pneumáticos

Emprega gás à pressão, realizando a conversão de energia pneumática em movimentos de objetos, geralmente usado em projetos de pequeno porte, pois não possui muita precisão, contudo, tem um custo menor.

Ao conectar objetos (coisas) com diferentes funcionalidades a uma rede foi criada uma infinidade de possibilidades e aplicações. Contudo, o novo cenário está repleto de desafios a serem superados, como a segurança e privacidade, heterogeneidade dos objetos quanto às restrições de processamento, memória, tipos de comunicação e limitações de energia dos dispositivos. Assim, serão necessárias adaptações e desenvolvimento de novos protocolos e algoritmos que possibilitem conectar os diferentes dispositivos e, para isso, diferentes áreas da tecnologia têm se esforçando para propor soluções para que a IoT cada vez mais faça parte do nosso cotidiano.

BIBLIOGRAFIA

- AMAZON. AWS IoT Core. 2022. Disponível em: https://docs.aws.amazon.com/pt_br/iot/latest/developerguide/iot-dg.pdf. Acesso em: 23 de junho de 2022.
- ARDUINO. Arduíno UNO Rev. 3. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 11 de novembro de 2021.
- AQUINO, A. Sensores Conectados em Redes: Especial Internet das Coisas. Revista da Sociedade Brasileira de Computação. p. 9-13, 2015.
- BRAGA T., RUIZ L., NOGUEIRA J. Tecnologia de nós sensores sem fio. UFMG. 2003. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~linnyer/ufmgnossensores.pdf/>. Acesso: 10 de janeiro de 2022.
- CAVALCANTE M. A., TAVOLARO C. R. C., MOLISANI E. Física com arduino para iniciantes. Revista Brasileira de Ensino de Física. 2011. v.33, n.4, p4503.
- ESPRESSIF. ESP-WROOM-32 Datasheet 2020. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf. Acesso: 6 de dezembro de 2020.
- IBRAHIM, D. The Complete ESP32 Projects Guide. 1a. ed. [S.l.]: Elektor Digital, 2017. KOLBAN, N. Kolban's book on ESP32. [S.l.]: Leanpub, 2018
- LOPEZ RESEARCH. Uma introdução à Internet das Coisas (IoT). São Francisco, 2013. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/brand/iot/iot/pdfs/lopez_research_a_n_introduction_to_iiot_102413_final_portuguese.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2022.
- McROBERTS, M. Arduíno Básico. São Paulo: Novatec, 2.ed. 505p, 2015
- MATHEEN, M. A., SUNDAR, S. IoT Multimedia Sensors for Energy Efficiency and Security: A Review of QoS Aware and Methods in Wireless Multimedia Sensor Networks. Int J Wireless Inf Networks. Sensors. 19(1), 199, 2019.
- POPESCU, D., STOICAN, F., STAMASTESCU, G., et al. Advanced UAV-WSN System for Intelligent Monitoring in Precision Agriculture. Sensors, v. 20, n. 3, 2020.
- RASPBERRYPI FOUNDATION. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/software/> Acesso: 10 de janeiro de 2021.
- RASPBERRYPI. Raspberry Pi Foundation. 2021. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/about/> Acesso: 27/01/2021
- REIGONES, A. R., GASPAR, P. D., GARCIA, N. M. Sistema de monitorização de biosinais de gado baseado em tecnologias da informação e comunicação & eletrónica (TICE). In: International Congress on Engineering 2017. Proceedings, ICEUBI, 2017.
- SABO, P. H.; KAWAMOTO, A.; LIBERATO, R.; CARDIERI, P. Plataforma de hardware de baixo custo para ensino de conceitos em Internet das Coisas. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, Lousada, n. 28, p. 510-519, 2020.
- SANTOS B.P., SILVA L. A. M., CELES C. S. F. S., et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. 2016.

TEIXEIRA, H.T., TAVARES, M.F., PEREIRA, R.V.M. Sistemas Digitais. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A. 184p, 2017.

XU, L. D., HE, W., LI, S. Internet of things in industries: A survey. IEEE Transactions on industrial informatics, v. 10, n. 4, 2014.

USBERT, E. E.; AMARAL, A. F. F.; CARVALHO, V. A. Aplicação de técnicas de qualidade da informação em sensores na internet das coisas (IoT). Revista Ifes Ciência, Vitória, v. 7, n. 1, 2021.

Adriana Camargo Ferrasi
Emerson Carlos Sarti Ferrasi
Faberson Augusto Ferrasi
Eduardo Martins Morgado

1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) tem fornecido novos recursos para diversas áreas, como a Indústria 4.0, a automação residencial, a agricultura, o meio ambiente e energia, além de atuar como o alicerce das Smart Cities (cidades inteligentes) e dos automóveis conectados. Absolutamente, a área da saúde também tem se beneficiado dessa tecnologia e já existem variados tipos de equipamentos e dispositivos disponíveis e cujo impacto é significativo na melhora da qualidade de vida dos pacientes. Digno de nota é o aumento relevante dos dispositivos e aplicativos móveis que passaram a ser utilizados nos últimos cinco anos e que desempenham um papel crítico no rastreamento e prevenção de doenças crônicas para muitos pacientes e seus médicos. Combinando IoT com as tecnologias de telemedicina, surgiu um novo termo, a Internet of Medical Things (IoMT) ou Internet das Coisas Médicas e o mercado global nesse setor deve movimentar mais de 158 bilhões de dólares em 2020, superior aos 41 bilhões de 2017.

Seguramente, a maior relevância da IoT na área da saúde é garantir o acesso a informações, em tempo real, sobre os sinais de saúde e sintomas do paciente, permitindo o acompanhamento remoto e tomada de decisão, quer nos cuidados a pacientes hospitalizados ou mesmo quando estão em suas casas.

Torna-se relevante complementar a lista de aplicações da IoT na saúde com os recursos não diretamente relacionados ao atendimento ao paciente, como o desenvolvimento de dispositivos com sensores para monitoramento de condições ambientais (temperatura, umidade e luminosidade) durante o transporte de amostras biológicas, para garantir que tenham sido mantidas em condições ótimas para posteriores análises laboratoriais; alimentação remota de informações aos prontuários eletrônicos em nuvens de dados; controle de estoque, armazenamento e dispensação de medicamentos em instituições hospitalares públicas e privadas, entre outros.

No geral, a tendência é que os equipamentos IoT colem dados de sensores distribuídos nos locais de interesse, como os domicílios, casas de repouso, hospitais, ou outras áreas utilizadas pelo paciente. Contudo, nota-se um movimento rumo à concepção de dispositivos IoT vestíveis, como relógios e pulseiras, dotados de sensores capazes de detectar frequência cardíaca, pressão sanguínea, temperatura corporal, além de sensores de etiquetas RFID (Radio Frequency Identification) e de movimento (PIR Sensor, do inglês Passive Infrared Sensor). Ainda, muitos sensores podem ser combinados com outras tecnologias como, por exemplo, algoritmos de inteligência artificial (IA), que aumentaria a precisão e a velocidade das interpretações dos dados clínicos.

Pacientes cardíacos ou diabéticos requerem monitoramento contínuo. Assim, dispositivos com recursos aplicados continuamente e, em tempo real, poderiam salvar vidas, uma vez que tais comorbidades pode envolver situações urgentes e críticas. Tais recursos incluem vários sensores que podem monitorar os batimentos cardíacos baseados em fotopletismografia de pulso (PPG), a temperatura corporal, a pulsação e a pressão sanguínea, e, que seriam de valiosa utilidade em uma parada cardiorrespiratória. Tais sinais poderiam ser encaminhados ao hospital e/ou serviços de socorro médico, garantindo o deslocamento de atendimento em tempo adequado e efetivo. Os diabéticos necessitam de verificações dos níveis de glicose sanguínea várias vezes por dia, como por exemplo, aqueles dependentes de insulina, hospitalizados ou não. Sensores precisos capazes dessa verificação já estão disponíveis no mercado, inclusive, recentemente, tais sensores foram utilizados na aferição remota dos níveis de glicose no sangue de pacientes internados com COVID- 19 na Califórnia.

O contexto da pandemia mundial de COVID-19 evidenciou a expressividade da IoT na área médica. A doença pode causar danos pulmonares e a falta de ar é um dos seus primeiros sintomas, assim, monitorar a frequência respiratória foi crucial nas infecções por SARS-CoV-2. A aferição tradicional requer dispositivos médicos profissionais ligados ao tórax, abdômen, pescoço ou nariz, incômodos ao usuário. Atualmente, estão disponíveis dispositivos vestíveis (relógios e pulseiras) que podem fornecer monitoramento contínuo da frequência respiratória, além dos recursos para detecção da saturação de oxigênio no sangue (SpO₂), outro sinal de alerta da doença.

O monitoramento da doença de Alzheimer deve se beneficiar com o uso de dispositivos IoT. Os pacientes com Alzheimer devem ser constantemente monitoradas pois, os lapsos de memória podem dificultar o retorno dos pacientes ao saírem de suas casas desacompanhados. O uso de dispositivos com GPS é um dos métodos mais usados pela sua ampla disponibilização e relativo baixo custo. Contudo, esses sistemas são limitados pela sua baixa precisão em ambientes internos e erro de posicionamento em ambientes externos (cerca de 10 metros). Assim, alguns estudos tem combinado outros métodos ao GPS para melhorar a assertividade, como o uso de câmeras, sensores infravermelhos e Bluetooth.

Embora pouco familiar, a tecnologia IoT chegou também até as cápsulas ingeríveis, abordagem considerada menos invasiva que os equipamentos atualmente utilizados nos exames do trato intestinal. Com o uso dessas cápsulas, uma série de informações podem ser registradas, já que é capaz de captar e transmitir imagens do trato gastrointestinal e do cólon de um paciente. Em 2014, o FDA aprovou a utilização de um dispositivo com essa finalidade, batizado de PillCam COLON. Já em 2017, a mesma agência reguladora aprovou o primeiro medicamento com um sistema de rastreamento de ingestão digital, prescrito para o tratamento da esquizofrenia, depressão em adultos e outros transtornos psiquiátricos. A pílula possui um sensor embutido que registra que o medicamento foi tomado. O sistema funciona enviando uma mensagem do sensor para um adesivo vestível, que, então transmite a um aplicativo móvel do paciente. Os pacientes também poderão, se o desejar, permitir que cuidadores e médicos tenham acesso às informações em um

portal na internet. Atualmente os sensores ingeríveis estão sendo avaliados em ensaios para detecção precoce do câncer.

Além da atenção quando as necessidades médicas já estão presentes, outro setor que vem evoluindo, antes mesmo da IoMT, é o da promoção da saúde, como por exemplo, os dispositivos para fitness, com recursos para monitoramento do pulso, cálculo de distância percorrida, usando o GPS e o acelerômetro para inferir qual atividade física o usuário está realizando, além de avaliar a queima de calorias, baseado no peso, altura, sexo e idade informados previamente.

O envelhecimento populacional é um fenômeno mundial e uma das transformações sociais mais significativas do século XXI. A população com mais de 60 anos cresce a uma taxa de cerca de 3% ao ano e, em todo o mundo, um bilhão de pessoas tinham 60 anos ou mais no ano de 2019. Estima-se que esse número aumentará para 1,4 bilhão em 2030 e 2,1 bilhões em 2050. O envelhecimento está diretamente relacionado ao aparecimento das doenças crônicas, dificuldades em gerenciar a tomada de medicamentos, deambular e realizar outras atividades diárias, além da maior vulnerabilidade a quedas e lapsos de memória. Nesse cenário, as demandas por dispositivos que permitam monitoramento a idosos devem ser consideradas pelas empresas, já que estes poderão garantir melhor qualidade de vida e autonomia aos usuários, bem como maior tranquilidade e comodidade aos cuidadores e familiares. Aqui, a aplicação de sensores vestíveis para a detecção e alerta de quedas e geolocalização seriam de grande valia e, certamente, também aqueles recursos já discutidos anteriormente que monitoram os dados vitais como temperatura, batimentos cardíacos, pressão arterial, entre outros.

De fato, a IoMT tem disponibilizado um crescente número de dispositivos e recursos para melhorias na área da saúde, prometendo revolucionar o atendimento e a qualidade de vida dos pacientes. Contudo, para que esses recursos possam se tornar acessíveis a boa parte da população, alguns desafios devem ser vencidos, como a escalabilidade, o gerenciamento da heterogeneidade e volume das informações que são geradas, a integração entre os diferentes dispositivos e recursos, a usabilidade e acessibilidade, as demandas de energia, falta de conectividade em locais remotos, e principalmente, a necessidades de segurança e confidencialidade dos dados. Ainda, qualquer produto na área da saúde é sujeito a normas regulatórias, a depender do uso, classificação, público, faixa etária, tipo ou local de uso do dispositivo.

Sem dúvidas, com o uso cada vez mais acessível dos smartphones, a implantação dos recursos da IoMT para a área da saúde tende a atingir maior aderência e confiança, já que os usamos para diversos outros fins.

Finalmente, os recursos disponíveis e potenciais da IoMT não visam a substituição dos profissionais da saúde e sim, apoiar e complementar a sua atuação, melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

BIBLIOGRAFIA

Business Communications Company, Sensors: Technologies and Global Markets, 2020. Disponível em: <https://www.bccresearch.com/market-research/instrumentation-and-sensors/sensors-technologies-markets-report.html#:~:text=The%20global%20market%20for%20sensors,forecast%20period%20of%202020%2D2025>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

Calvillo-Arbizu, J., Román-Martínez, I., Reina-Tosina, J. Internet of things in health: Requirements, issues, and gaps. *Comput Methods Programs Biomed.* 2021, 208:106231.

Deloitte Center for Health Solutions, Medtech and the Internet of Medical Things – How connected medical devices are transforming health care. Disponível em <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/medtech-internet-of-medical-things.html>. Acesso em: 23 de outubro de 2022.

Demosthenous, P., Pitris, C., & Georgiou, J. (2016). Infrared Fluorescence-Based Cancer Screening Capsule for the Small Intestine. *IEEE transactions on biomedical circuits and systems*, 10(2), 467–476.

FDA approves PillCam COLON as follow-up test. (2014). *Cancer discovery*, 4(4), 380–381. Disponível em <https://aacrjournals.org/cancerdiscovery/article/4/4/380/4511/FDA-Approves-PillCam-COLON-as-Follow-up-TestFDA>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

Firouzi, F., Farahani, B., Weinberger, M., DePace, G., Aliee, F.S. IoT fundamentals: definitions, architectures, challenges, and promises, in: F. Firouzi, K. Chakrabarty, S. Nassif, *Intelligent Internet of Things*, Springer, Cham, 2020, pp. 3–50.

Gogate, U., Bakal, J. Healthcare Monitoring System Based on Wireless Sensor Network for Cardiac Patients. *Biomed. Pharmacol. J.* 2018, 11, 1681.

Khan, T.A., Alam, M., Tahir, M.J., Kadir, K., Shahid, Z., Mazliham, M.S. Optimized health parameters using PSO: A cost effective RFID based wearable gadget with less false alarm rate. *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* 2019, 15, 230–239.

Mamdiwar, S. D., Akshith, R., Shakruwala, Z., Chadha, U., Srinivasan, K., Chang, C.

Y. Recent Advances on IoT-Assisted Wearable Sensor Systems for Healthcare Monitoring. *Biosensors (Basel)*. 2021, 11(10):372.

Melino, G., Accarino, C., Riehle, M., Potter, M., Fineron, P., Annese, V.F., Grant, J.P. et al. Cumming, Capsule Endoscopy Compatible Fluorescence Imager Demonstrated Using Bowel Cancer Tumours, *IEEE Sensors Journal*, 20, p.9763-9771, 2020.

Mundo do Marketing. Hospitais utilizam IoT para monitorar a glicose de pacientes com COVID-19. 2020. Disponível em: <https://www.mundodomarketing.com.br/noticias-corporativas/conteudo/243213/hospitais-utilizam-iot-para-monitorar-a-glicose-de-pacientes-com-covid-19->. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

Sahu, D., Pradhan, B., Khasnobish, A., Verma, S., Kim, D., Pal, K. The Internet of Things in Geriatric Healthcare. *J Healthc Eng.* 2021 Jul 17;2021:6611366

Saleh M., Jeannès R. L. B. Elderly fall detection using wearable sensors: a low cost highly accurate algorithm. *IEEE Sensors Journal*. 2019;19(8):3156–3164.

Sheikhtaheri, A., Sabermahani, F. Applications and Outcomes of Internet of Things for Patients with Alzheimer's Disease/Dementia: A Scoping Review. *Biomed Res Int.* 2022 Mar 15;2022:6274185.

U.S. Food and Drug Administration. A approves pill with sensor that digitally tracks if patients have ingested their medication. (2017) Disponível em: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-pill-sensor-digitally-tracks-if-patients-have-ingested-their-medication>. Acesso em: 03 de maio de 2022.

World Health Organization; 2017. Decade of Healthy Ageing 2020-2030. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240017900>. Acesso: 11 de novembro de 2022.

ÍNDICE REMISSIVO

A	
Agrícola.....	11
algoritmos.....	25, 28
Analógicos	22
aplicativos móveis.....	27
Arduíno	17, 18, 20, 23, 24, 25, 26
atuadores.....	9, 12, 14, 24
B	
<i>bluetooth</i>	20
<i>bootloader</i>	17
<i>buzzer</i>	24
C	
capacitivos	23
circuitos	17
<i>coisas</i>	6, 9, 10, 16, 25, 26
componentes.....	12, 17, 21
CPU	19
CTO	8
D	
<i>Data Warehouse</i>	16
deslocamento	22, 23, 24, 28
Digitais	22, 26
dispositivos.....	5, 6, 10, 11, 13, 16, 17, 21, 25, 27, 28, 29, 30
E	
Elétricos	24
ESP32	17, 20, 26
ESP-WROOM-32	20, 21, 25
Ethernet.....	13, 19, 20
F	
FDA	29, 31
fotoelétricos	23
fotopletismografia	28
G	
gases	23
GPS.....	29, 30
H	
hardware.....	8, 15, 16, 19, 26
HDMI.....	19, 20
Hidráulicos	24
I	
Indutivos	23
Infravermelho	23
Inteligência Artificial.....	16
intensidade	22
Internet das Coisas.....	5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 25, 26, 27
Internet das Coisas Médicas.....	27
IoT.....	27, 29, 30, 31
IoT5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32	
L	
LED	21
Logística	11
M	
memória	12, 13, 15, 17, 19, 25, 29, 30
micro SD.....	19, 20
microcontrolador	13, 17, 19, 20
microcontroladores.....	16, 17
Microondas	23

N	
nível	23
O	
<i>Open Source</i>	17
P	
PIR Sensor	28
Pneumáticos	25
Precisão	22
pressão	21, 22, 25, 28, 30
Processador	13, 18, 20, 21
processamento	9, 10, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 25
<i>Protoboard</i>	17
prototipação	17
protótipos	17
R	
RAM	19, 20
Raspberry Pi	17, 19, 20, 26
Resolução	21
RFID 6, 9, 14, 28, 31	
S	
SDK.....	20
Sensibilidade	22
sensores. 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26,	
27, 28, 29, 30	
Sistema Operacional	19
sistemas embarcados	13
<i>Smart Cities</i>	27
<i>smartphones</i>	31
<i>Software</i>	20
SpO2	29
T	
temperatura	14, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 30

tensão	22
Transporte	11
U	
Ultrassônico	23
umidade	11, 14, 23, 24, 27
V	
velocidade	17, 19, 20, 22, 28
W	
<i>Wifi</i>	20

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea passa por uma disrupção em seu modo de interagir e comunicar. Tal fato ocorre em grande parte pelos avanços sofridos pela Internet desde o seu surgimento. Castells (1999), faz uma ampla análise sobre as revoluções sociais em decorrência do advento da evolução das tecnologias da informação e comunicação e sobre como a Internet redefiniu a forma da sociedade organizar-se. Castells (2003), qualifica a Internet como uma “base tecnológica para a organização da Era da Informação: a rede”.

Desde os seus primeiros ensaios no final da década de 1960 a Internet avança em direção das possibilidades em estender-se a capacidade computacional através da interconexão de computadores remotamente, ou seja, em rede. Ao longo das décadas sua evolução impulsionou o avanço tecnológico dos próprios computadores e possibilitou o surgimento de outros dispositivos, como por exemplo, os Smartphones.

Estes dispositivos, conhecidos como tecnologias móveis, apoiam toda a sua capacidade na interconectividade com a rede mundial de computadores, trazendo uma forma mais dinâmica em obter e transmitir dados.

Nos dias atuais a Internet, em conjunto com tais tecnologias, atravessa uma de suas maiores revoluções tecnológicas onde o distanciamento do concreto e o digital torna-se uma linha tênue. A Internet das Coisas (do inglês: Internet of Things ou IoT) desponta como uma nova fase de evolução da Internet, que traz um novo paradigma tecnológico, digital e comportamental na utilização dos recursos presentes na Internet.

Como parte fundamental da sociedade, a Internet para a integrar-se a vida cotidiana de maneira instantânea e intensa. Para Atzori et al. (2010), atualmente, a Internet das Coisas vem ganhando grande destaque no cenário das telecomunicações e está sendo considerada a revolução tecnológica que representa o futuro da computação e comunicação.

2 DEFININDO A INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas surge do avanço das tecnologias móveis em consonância com a evolução da Internet. Traz um novo conceito na utilização da interconexão com a Internet por meio de dispositivos computacionais, denominados como “objetos” ou simplesmente “coisas”. Tais elementos passarão a interagir com os ambientes físicos extraindo dados e compartilhando-os de forma autônoma com outros dispositivos e pessoas.

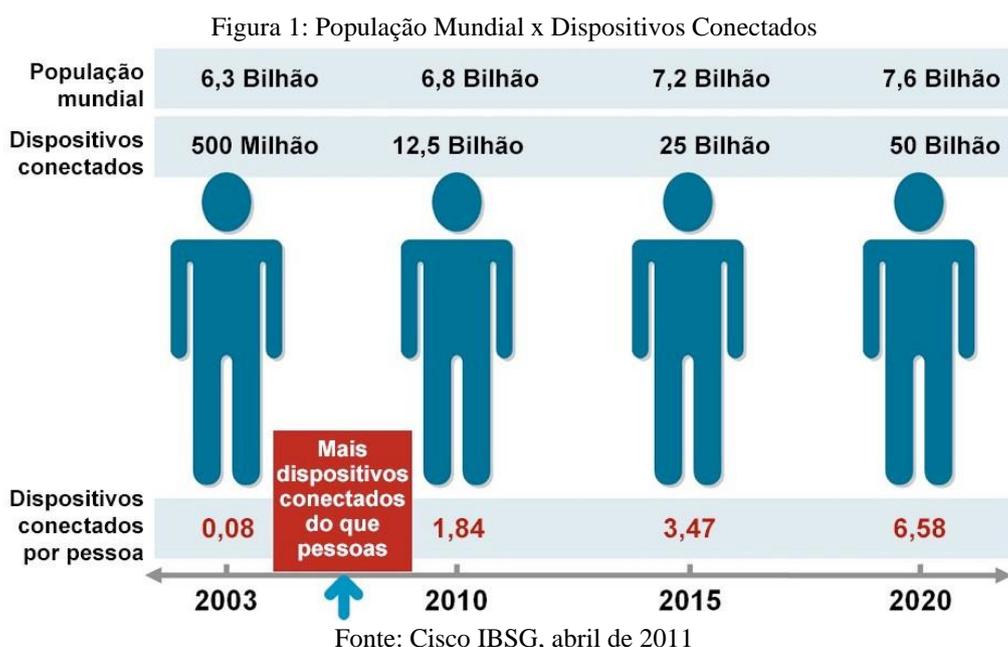
Segundo EVANS (2011):

“A IoT (Internet of Things, Internet das coisas), algumas vezes referida como a Internet dos objetos, mudará tudo, inclusive nós mesmos. Isso pode parecer uma declaração arrojada, mas considere o impacto que a Internet já teve na educação, na comunicação, nos negócios, na ciência, no governo e na humanidade.”

Essas afirmações são evidenciadas pela constatação da quantidade de dispositivos os quais temos atualmente interconectados à Internet. Não são mais somente os computadores convencionais que fazem parte deste cenário, mas também a televisores, notebooks, telefones celulares, geladeiras, consoles de jogos, sistemas de monitoramento e segurança e até mesmo automóveis (XU; HE; LI, 2014).

Ainda, segundo EVANS (2011) em “A Internet das coisas”, estimava-se que em 2020 atravessaríamos o marco de 50 bilhões de novos dispositivos interconectados. Na figura 1 podemos visualizar tais projeções. Esse cenário parece indicar que a IoT representa a próxima evolução da internet, aumentando a capacidade de coletar, analisar e distribuir dados, em um ciclo onde “dados geram dados”, importante caminho para análises preditivas.

O termo popularmente conhecido que denomina a atual fase de evolução da Internet, surge de fato em setembro de 1999. Nesta ocasião sob uma tentativa despreziosa em chamar atenção dos ouvintes de sua palestra Kevin Ashton do MIT (Massachusetts Institute of Technology) intitula sua apresentação como: Internet of Things. Nesta palestra Ashton abordava uma nova ideia sobre o sistema RFID (Radio Frequency Identification) para a rastreabilidade de produtos na cadeia de suprimentos. Somente em 2009, dez anos após isso Ashton escreve um artigo abordando de fato o tema sobre IoT em “That 'Internet of Things' Thing”.



Partindo para definição mais clássica e pontual, o Quadro 1, extraído e adaptado de Mancini (2018), expõe alguns conceitos tratados na literatura:

De fato, a Internet das Coisas tem a sua essência apoiada na Computação Ubíqua. Este termo foi criado por Mark Weiser, um cientista da computação que atuava como CTO (Chief Technology Officer) na Xerox's Palo Alto Research Center (Parc) e descritos no artigo *The Computer for 21st Century*, publicado em 1991. No texto defendia uma visão de futuro em que os computadores seriam invisíveis e incorporados aos objetos do cotidiano, substituindo os PC's habituais. Para isso ele afirma que:

“Teremos a era da tecnologia calma, pois as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem, elas tecem-se no tecido da vida cotidiana até serem indistinguíveis dele, onde elementos especializados de hardware e software ligados por fio e ondas de rádio, serão tão onipresentes que nem notaremos a sua existência” (WEISER, 1991, p.1).

Quadro 1 - Definições sobre Internet das Coisas (IoT) a partir de diversas fontes da literatura.

AUTORES	DEFINIÇÃO
ASHTON (2009)	<i>Designar processos que envolvam objetos conectados em rede e que produzam e/ou processem informação em tempo real e de forma autônoma.</i>
LEMONS, (2013, p.239)	<i>É um conjunto de redes, sensores, atuadores, objetos ligados por sistemas informatizados que ampliam a comunicação entre pessoas e objetos e entre objetos de forma autônoma, automática e sensível ao contexto.</i>
ALZORI et al (2011, p. 2787)	<i>A ideia básica desse conceito é a presença generalizada à nossa volta de uma variedade de coisas ou objetos – como tags de identificação por radiofrequência (RFID), sensores, atuadores, telefones celulares, etc. – que, por meio de esquemas de endereçamento exclusivos, são capazes para interagir uns com os outros e cooperar com outros objetos para alcançar objetivos comuns.</i>
ETSI (ONEM2M) (2022)	<i>Comunicação máquina-máquina é a comunicação entre duas ou mais entidades que não precisam necessariamente de uma intervenção humana direta. Os serviços M2M pretendem automatizar o processo de decisão e comunicação.</i>
FRIEDWALD; RAABE (2011)	<i>Ubiquidade, computação pervasiva, ambiente inteligente e internet das coisas são conceitos praticamente idênticos. Ubiquidade é a contínua otimização e a promoção de processos sociais e econômicos por inúmeros microprocessadores e sensores integrados ao ambiente.</i>
EVANS (2011)	<i>A IoT é o momento exato em que foram conectados à Internet mais "coisas ou objetos" do que pessoas.</i>
GARTNER (2017)	<i>A "Internet das coisas" (IoT) é definida como a rede de objetos físicos que contém tecnologia embutida para se comunicar e sentir ou interagir com o ambiente externo ou com estados internos.</i>
MANCINI (2018)	<i>A Internet das Coisas proporciona aos objetos do dia a dia, com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à internet. Essa conexão viabilizará controlar remotamente os objetos, e acessá-los como provedores de serviços, e se tornarão objetos inteligentes ou smart objects. Os objetos inteligentes possuem capacidade de comunicação e processamento aliados aos sensores.</i>

Este conceito consiste na ideia em que “coisas” colem, armazenem e compartilhem uma grande quantidade de dados, onde uma vez processados e analisados podem gerar uma gigantesca quantidade de informações e geração de serviços de forma autônoma através da Internet.

3 APLICAÇÕES DA INTERNET DAS COISAS

Como expõe o Quadro 1, a IoT tange a uma nova fase da internet, que permite a comunicação entre objetos (coisas) e pessoas em um cenário onde são interconectadas remotamente via internet, sendo assim possibilitando o acesso a dispositivos, automatizando os processos do cotidiano. Dessa forma, as pessoas podem obter informações precisas em qualquer hora e qualquer lugar, além de resolver eventuais problemas do dia a dia.

Visando a expansão e desenvolvimento da Internet das Coisas no Brasil criou-se o Plano Nacional de Internet das Coisas, por meio do Decreto nº 9.854 (2019). Tal decreto estabelece, em seu artigo 2º, algumas definições importantes.

I - Internet das Coisas - IoT - a infraestrutura que integra a prestação de serviços de valor adicionado com capacidades de conexão física ou virtual de coisas com dispositivos baseados em tecnologias da informação e comunicação existentes e nas suas evoluções, com interoperabilidade;

II - Coisas - objetos no mundo físico ou no mundo digital, capazes de serem identificados e integrados pelas redes de comunicação;

III - Dispositivos - equipamentos ou subconjuntos de equipamentos com capacidade mandatória de comunicação e capacidade opcional de sensoriamento, de atuação, de coleta, de armazenamento e de processamento de dados; (BRASIL, 2019, web, grifo nosso).

Avaliando as tecnologias e onde podem ser melhor empregadas, visando a melhoria no cotidiano das pessoas, o Plano Nacional de Internet das Coisas estabelece objetivos de suma importância.

Podemos observar alguns desses objetivos, no artigo 3º, onde é mencionada a implantação de soluções de IoT para melhorar a qualidade da vida das pessoas e por meio de parcerias público-privadas.

As possibilidades de aplicação da IoT são vastas e se expandem com o passar dos anos, sendo excelentes exemplos as áreas:

- Saúde: monitoramento de pacientes e aferimento remoto dos indicadores de saúde, onde os médicos podem acessar o estado de saúde dos pacientes;
- Logística e Transporte: acompanhamento de estoque e análise de fluxo de entrada e saída de produtos. Rastreamento de entregas e fluxo de veículos;
- Agrícola: sensores instalados no solo avaliam desde a umidade até indicadores químicos, podendo o agricultor monitorar os processos de plantio,

como irrigação e evolução de pragas. Estação climática para monitoramento do clima.

- Meio Ambiente: sensores podem ser instalados para monitoramento da eficiência energética, visando melhor gerenciamento dos recursos e preservação ambiental.

É inquestionável o potencial da aplicação dos conceitos da Internet das Coisas nessas áreas, contudo, não devem ser desconsiderados os desafios a serem superados, como os a necessidade de universalizar padrões, segurança, infraestrutura de redes, criação de novos dispositivos físicos, dentre outros.

Não obstante, se alinhados aos avanços tecnológicos dos dispositivos móveis disponíveis atualmente, podem promover uma verdadeira revolução na maneira em que são gerados e consumidos dados e, principalmente, como são esses dados são compartilhados. Essas questões têm sido objeto de estudo de diversos eixos das tecnologias emergentes. Existe um alto investimento pelas grandes empresas de tecnologia, como Microsoft, Google, Intel, Qualcomm, dentre tantas outras. E o resultado disso é que inúmeras áreas podem se beneficiar das possibilidades da IoT.

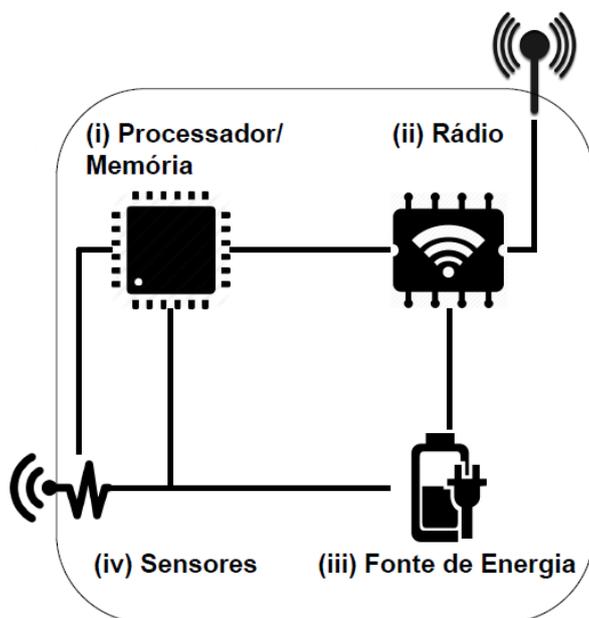
4 ELEMENTOS DA ARQUITETURA BÁSICA DA INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas é constituída pela junção de diversas tecnologias sob o objetivo da interconexão dos objetos dos ambientes físicos com a Internet. Como ocorre nas redes de computadores e especificamente na Internet, cada nó ou objeto conectado é identificado por um endereço IP1(Internet Protocol).

De acordo com Santos et al. (2016), dentre os elementos que constituem a arquitetura básica do IoT, podem ser elencados: i) processamento/memória, ii) comunicação, iii) energia e iv) sensores/atuadores.

Na figura 2 podemos verificar a representação da arquitetura básica de um dispositivo aplicado a IoT e a interligação entre seus componentes, os quais serão descritos a seguir:

Figura 2: Arquitetura dos Dispositivos



Fonte: Santos et al. (2016)

i. **Processador/memória:** Trata-se de um conjunto formado por uma memória interna para armazenamento de dados e os programas a serem executados. Um microcontrolador e um conversor analógico-digital responsáveis por receber os sinais dos sensores. As CPUs geralmente são as mesmas utilizadas em sistemas embarcados, com um baixo poder de processamento e são acompanhadas por uma memória externa auxiliar flash2 onde os dados a serem obtidos pelos sensores são armazenados e quando necessário devidamente obtidos e processados.

ii. **Comunicação (Radio):** Para que ocorra a comunicação na Internet das Coisas entre os dispositivos é necessário ao menos um canal de comunicação com ou sem fio. Comumente são utilizados os meios sem fio de rádio de baixo custo e potência, em consequência disso também de curto alcance. Dentre as tecnologias mais comuns: Ethernet, WiFi, ZigBee, Bluetooth, 3G/4G. É de extrema importância a correta mensuração da comunicação devido ao alto consumo de energia de algumas tecnologias inviabilizando a sua operacionalização.

iii. **Fontes de Energia:** São responsáveis pelo fornecimento de energia ao objeto/dispositivo inteligente. Geralmente esta fonte de energia é oferecida uma bateria externa recarregável ou não, mas existem outras fontes como os adaptadores AC/DC interligados a rede elétrica. Também pode ser utilizada a energia gerada pela luz solar ou ainda obtida por meio da conversão de energia mecânica em energia elétrica.

iv. **Unidades de Sensores/Atuadores:** Os sensores realizam o monitoramento dos ambientes físicos via sensoriamento contínuo ou alternado conforme a implementação. Estes elementos capturam os valores dos indicadores ambientais (grandezas físicas) como por exemplo, a temperatura, umidade, luminosidade, dentre muitos outros. Atualmente existem centenas de tipos de sensores. Já os atuadores são responsáveis por executar ações, como movimentos por servo motores, emissões sonoras, rotações, entre outros, podendo ser elétricos, manuais ou mecânicos.

BIBLIOGRAFIA

- ASHTON, K. That 'internet of things' thing. *RFID Journal*, 22(7):97–114. 2009;
- ATZORI, L., IERA, A., MORABITO, G. The Internet of Things: A survey, 2010. *Computer Networks* 54 (2010), p. 2787–2805. Disponível em: http://www.elsevier.com/data/assets/pdf_file/0010/187831/The-Internet-of-Things.pdf. Acesso em: 25 de outubro de 2022
- LEMOS, A. A Comunicação das Coisas: teoria ator-rede e cibercultura. São Paulo: Annablume, 310 p, 2013;
- BRASIL. Decreto Nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm. Acesso em: 12 de outubro de 2020
- CASTELLS, M. A Galáxia da Internet: Reflexões sobre a Internet, os negócios e a sociedade. Rio de Janeiro: Zahar, 243 p, 2003.
- CASTELLS, M. A sociedade em rede. v.1 São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- EVANS, D. A Internet das Coisas: Como a Próxima Evolução da Internet Está Mudando Tudo. [s.l.]: Cisco (ibsg), 2011.
- CASAGRAS. CASAGRAS na EU framework 7 project. Disponível em: <https://docbox.etsi.org/zArchive/TISPAN/Open/IoT/low%20resolution/www.rfidglobal.eu%20CASAGRAS%20IoT%20Final%20Report%20low%20resolution.pdf>. Acesso em: 02 de setembro de 2022
- FRIEDEWALD, M., RAABE, O. Ubiquitous computing: an overview of technology impacts. *Telematics and Informatics*, *Telematics and Informatics*, vol. 28, p.55-65, 2011.
- GARTNER. Internet of Things Definition. 2017. Disponível em: <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>. Acesso em: 14 de janeiro de 2020.
- MANCINI, M. Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios, 2018. Disponível em: http://monicamancini.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Monica_Mancini-Ebook_Iot.pdf. Acesso em: 05 de agosto 2022.
- SANTOS, B.P. et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Minicursos / XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos; Porto Alegre: SBC, 2016. p.01-50. Disponível em: <https://bps90.github.io/assets/files/MinicursosSBRC2016.pdf>. Acesso em: 13 de setembro de 2022.
- TECHMUNDO. O que é memória Flash? 2012. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/hardware/198-o-que-e-memoria-flash-.htm>. Acesso em 11 de janeiro de 2021.
- TECHTUDO. O que é o IP? Descubra para que serve e qual é seu número. 2013. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2013/05/o-que-e-o-ip-descubra-para-o-que-serve-e-qual-e-seu-numero.ghtml>. Acesso em 14 setembro 2022.

WEISER, M. The computer for the 21st century, Scientific American, pp. 94-104, Set 1991, Disponível em: <https://www.lri.fr/~mbl/Stanford/CS477/papers/Weiser-SciAm.pdf>, Acesso em: 18 de setembro de 2022.

XU, L. D., HE, W., LI, S. Internet of Things in Industries: A Survey. IEEE Trans. Ind. Inf. 10:2233–2243, 2014.

1 INTRODUÇÃO

Simplificando, a Internet das Coisas (IoT) é a combinação de diversas tecnologias que permitem a integração dos objetos (coisas) do ambiente físico ao ambiente digital. Os blocos básicos envolvidos na construção da IoT envolvem sensores que coletam dados que serão processados por microcontroladores que, por sua vez, poderão controlar unidades atuadoras.

Atualmente, estão disponíveis inúmeros modelos de microcontroladores e sensores, o que proporciona captar e gerar uma grande quantidade de dados, em tempo reduzido. O conjunto desses dados está cada vez sendo mais utilizado para nortear a tomada autômata de decisões, o planejamento e a previsão de demandas, seja pelo comportamento de cada indivíduo na internet, pelos seus hábitos de consumo, utilização de serviços e até mesmo por registros anatômicos ou marcadores biológicos. Tais informações, por exemplo podem ser captadas por sensores acoplados diretamente ao corpo ou localizados nos itinerários ou simplesmente coletados pelos navegadores da internet.

Comumente, esses dados são armazenados em Data Warehouse, um repositório central projetado para análises de dados, que envolvem a leitura, filtragem e processamento de grandes quantidades de dados para compreender relações e tendências entre eles. Cada vez mais essas análises estão sendo implementadas com Inteligência Artificial.

Ao mencionar IoT, a referência mais comum remete às tecnologias de captação e troca de dados através de um meio de comunicação, mas temos que considerar que tais dispositivos também podem atuar ligando e desligando outros dispositivos acoplados a eles, em uma cadeia de automação sem precedentes.

Atualmente, estão disponíveis no mercado várias plataformas, complexos dispositivos de hardware e sensores capazes de, em conjunto, realizar as tarefas de captação, coleta, transmissão e atuação.

Pela sua facilidade de uso, popularidade e suporte, os microcontroladores mais utilizados são o Arduíno, o Raspberry Pi e o ESP32, descritos a seguir:

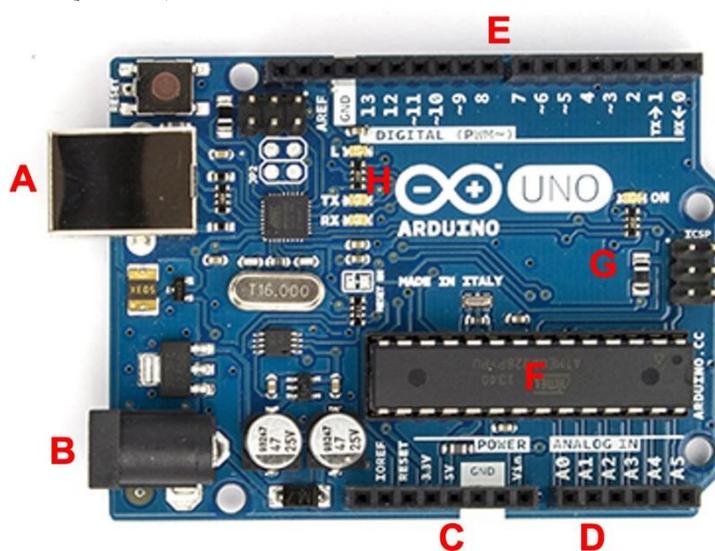
2 ARDUÍNO

Desenvolvido por Massimo Branzi e colaboradores, na Itália, em 2005, essa placa de circuitos foi criada para prototipação de dispositivos eletrônicos. Utiliza o conceito de livre programação (Open Source Hardware), onde são disponibilizados componentes adaptáveis, reutilizáveis e de baixo custo. Basicamente, é composto por uma placa única de circuitos com entradas e saída digitais e analógicas para um

microcontrolador programável de 8 bits Atmel AVR, um ambiente de desenvolvimento e um bootloader (gerenciador de inicialização) já gravado no microcontrolador.

A prototipação mais comum, envolvendo o Arduino, utiliza uma placa de plástico, conhecida como Protoboard, onde é possível acoplar os sensores e ligá-los às portas digitais e analógicas. Assim, é possível a construção de dispositivos sem a utilização de soldagem dos componentes, facilitando a montagem dos protótipos e permitindo recombinações de componentes, bem como a sua reutilização em outros projetos, reduzindo o desperdício dos recursos empregados nos projetos. A alimentação pode ocorrer por conexão USB (do inglês, Universal Serial Bus) ou com uma fonte de alimentação externa de 5V e 500mA. Existem vários modelos de arduino (Uno, Duemilanove, Mega, entre outros) e as principais diferenças são a velocidade no processamento, a quantidade de memória, e o número e tipo de pinos. A figura 1 apresenta um modelo de arduino.

Figura 1. Arduino modelo UNO. A) USB para alimentação e comunicação; B) Alimentação alternativa; C) Pinos de alimentação (saídas e entradas); D) Pinos de entrada analógica; E) Pinos de entrada/saída digital; F) Processador; G) Botão de Reset; H) LEDs (RX e TX indicam comunicação série).



3 RASPBERRY PI

Diferente do Arduino, o Raspberry Pi não se limita a um microcontrolador com portas e pode ser considerado um microcomputador de placa única, ou seja, em uma só placa de circuito, possui, nativamente, conexão Ethernet, porta USB, armazenamento em cartão micro SD e saída HDMI.

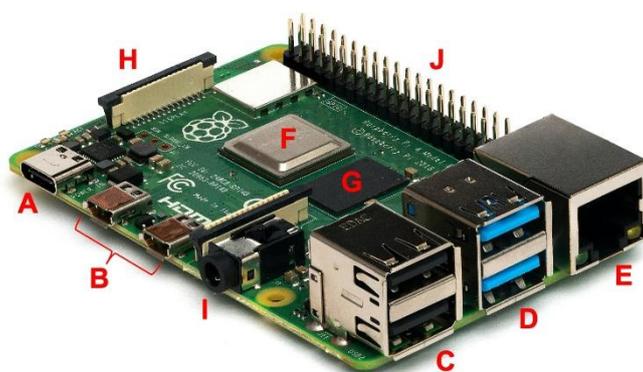
Apresenta CPU (do inglês, Central Process Unit) com tecnologia ARM V8, velocidade de 1.5 GHz, memória RAM variável entre 1 e 8 GB e, por ter saída de vídeo, possui um processador gráfico que permite a reprodução de imagens Full HD.

Disponível em diversas versões, o Raspberry Pi é um hardware pequeno (dimensões de um cartão de crédito) mas com capacidade de processamento e recursos semelhantes aos de alguns computadores de menor desempenho ainda disponíveis no mercado. Como é totalmente customizável, pode ser utilizado para diversos processos de controle, desde atividades simples como alimentar uma planilha de dados até

aplicações em ambientes industriais, como, por exemplo, controle de robôs ou outras soluções que envolvam automação, com uma relação muito interessante de custo e benefício.

Seu funcionamento se baseia na inicialização de um Sistema Operacional (SO) gravado no cartão SD e, após o boot inicial, se desenvolvem todas as atividades de um SO, análogo ao que seria executado em uma estação de trabalho e podem ser desenvolvidas as mais diferentes tarefas, como por exemplo, navegar pela internet e utilizar aplicativos suportados pelo seu hardware. O site da Fundação Raspberry Pi (<https://www.raspberrypi.org/>) disponibiliza vários sistemas operacionais. A figura 2 apresenta um modelo de Raspberry Pi.

Figura 2. Raspberry Pi 4 modelo B. A. USB C para alimentação; B. Entradas HDMI; C. USB 2.0; D. USB 3.0; E. Entrada Ethernet; F. Processador; G. Memória RAM; H. Entrada micro SD; I. Saída de áudio; J. Pinos de conexão de entrada/saída de dados dos sensores.



4 ESP32

Projetado pela Espressif Systems em 2016, o microcontrolador ESP32 é considerado como um dos mais robustos controladores do mercado, com alta velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade, fortalecida pela conexão sem fios (wifi) e múltiplos sensores embutidos.

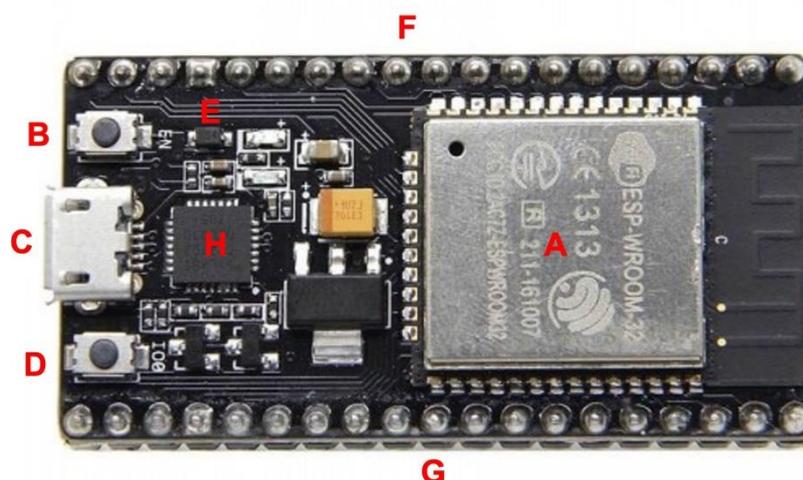
Seu processador pode ser single ou dual-core (dois núcleos físicos de processamento) de 32 bits, podendo atingir frequências de clock de até 240 MHz durante o trabalho, cuja capacidade de armazenamento pode ser o dobro dos do Arduino.

Ademais, apresenta excelente conectividade, garantida por dois módulos ímpares de integração incorporados ao seu chip, com acesso a redes de transmissão sem fio, através de ondas de rádio, representadas pelo protocolo bluetooth e o wifi.

A programação pode ser realizada em diversos softwares compatíveis, inclusive a linguagem C/C++, que pode ser desenvolvida no programa Software Development kit (SDK) e, por apresentar uma robusta conectividade sem fio pode ser programado remotamente.

A Figura 3 exhibe o modelo ESP-WROOM-32, plataforma que se destaca por possuir módulo WiFi integrado, tamanho reduzido e alto poder de processamento.

Figura 3. Modelo ESP-WROOM-32. A. Processador; B. Botão de reset (EM); C. Porta Micro USB; D. Botão boot (permite a gravação de dados); E. LED de alimentação; F. Pinos de entrada/saída digital; G. Pinos de entrada/saída analógica; H. Gerenciador da comunicação USB.



Os sensores são os componentes responsáveis pela obtenção de valores de entrada, ou seja, as informações iniciais de um ambiente, e, com a aquisição desses dados, é possível convertê-los para um formato digital através das portas analógicas e posteriormente manipulá-lo.

Atualmente, devido à proliferação do uso de dispositivos móveis, os sensores estão bem mais acessíveis e disponíveis no mercado, juntamente com as placas microcontroladoras de baixo custo, permitindo a criação dos mais variados projetos.

Os sensores podem utilizar meios de captura mecânicos, elétricos, ópticos, entre outros, que são usados para quantificar ou qualificar aspectos de um sinal, mensurando seus valores físicos, formados geralmente por componentes eletrônicos baseados em células sensíveis com capacidade de detecção de temperatura, pressão, presença de gás, luminosidade, variação de cor, e afins.

Após o processo de detecção, o sensor gera uma saída de informações em formato digital, que pode ser recebida por um circuito acoplado, que por sua vez faz uso dessa informação digitalizada.

São características dos sensores:

a) **Resolução:** propriedade que indica a menor alteração que o sensor pode capturar, está relacionada com a precisão que a medição é feita. Os dispositivos digitais têm uma especificação de resolução baseada no bit menos significativo, gerado por ele, e caso seja insuficiente, pode gerar uma informação imprecisa. Resolução é a menor medida que um sensor pode indicar.

b) **Sensibilidade:** indica qual a menor variação de intensidade na unidade de medida que o sensor pode detectar, ou seja, a menor variação de valores que mede, onde possa causar uma alteração significativa do valor de saída. A maneira como a sensibilidade é expressa depende tanto do que está sendo medido como do tipo de sinal que é convertido na saída. A sensibilidade pode variar na dependência da faixa de valores, ou seja, um sensor pode ser mais sensível numa faixa e menos sensível em outra faixa de valor. A sensibilidade de um sensor é definida como a relação entre o sinal de entrada físico e o sinal de

saída elétrica. Concluindo, é a razão entre uma pequena variação no sinal elétrico para uma pequena variação em um sinal físico.

c) **Precisão:** Resulta da diferença entre o valor medido e o valor real. Melhor esclarecendo, define qual o maior valor de erro esperado entre o sinal de saída real e o sinal ideal. Grau de concordância entre valores apurados, obtidos por medições repetidas, no mesmo ponto de medição. A precisão indica o valor da exatidão, em porcentagem, em relação ao valor exato, isto é, informa variação que o instrumento pode registrar.

Os sensores nada mais são do que um circuito eletrônico, também conhecidos como transdutores e são divididos em dois grupos, os que trabalham com captura de sinais analógicos e os digitais:

5 SENSORES ANALÓGICOS

Dispositivos usados para detectar continuamente uma grandeza física, trabalham com sinais que podem ter qualquer valor entre dois limites. São utilizados para mensurar dados como temperatura, velocidade, pressão, deslocamento, tensão e as demais medidas analógicas.

6 SENSORES DIGITAIS

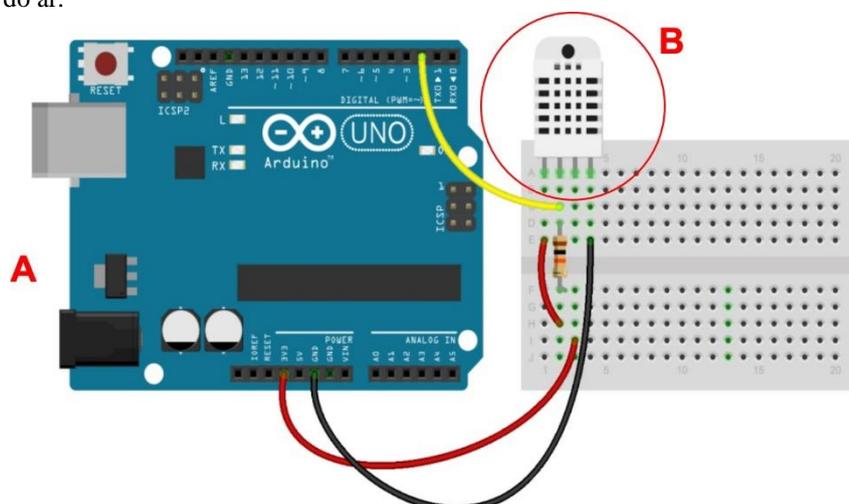
Os valores obtidos pelos sensores digitais passam por um processo de conversão onde os valores iniciais são traduzidos para os estados de 0 e 1, geralmente interpretado como falso/verdadeiro, aberto/fechado, desligado/ligado.

Dentre os principais tipos de sensores destacam-se:

- Infravermelho: detecta o calor dos corpos (energia infravermelha).
- Ultrassônico: com o mesmo princípio do sonar, mede o intervalo de tempo entre um impulso sonoro emitido e o retorno do eco recebido, calculando a distância de um alvo em movimento.
- Microondas: identifica o movimento de um objeto em ao enviar ondas de rádio e medir o retorno deste sinal.
- Indutivos: detecta a presença de objetos metálicos através de um campo eletromagnético.
- Sensores capacitivos: permite a detecção de deslocamento de objetos metálicos e não metálicos; são altamente precisos.
- Sensores fotoelétricos: utiliza o processo de emissão e recepção de luz para a detecção de presença ou a ausência de um alvo, muito usado para detecção de longa distância.
- Sensores de gases: detecta a presença e a concentração de gases em determinado ambiente, como o dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, oxigênio e ozônio.
- Sensores de nível: desenvolvido a base de um resistor variável, de modo que a resistência muda de acordo com o nível de água, é usado para determinar o volume de líquidos.

Para um sensor ser utilizado em um dispositivo IoT, é necessário que seja feita a conexão das portas do controlador, por exemplo do arduíno, com os respectivos pinos do sensor. A figura 4 mostra um esquema onde o pino do sinal está conectado à porta digital de um Arduino que irá receber os valores de temperatura e umidade relativa do ar:

Figura 4. Sensor de temperatura e umidade (DHT22) conectado ao controlador Arduino. A. Arduino; B. Sensor DHT22 de temperatura e umidade do ar.



Fonte: <https://fritzing.org/>, 2022 (adaptado)

Por último, os atuadores convertem os sinais de corrente ou voltagem em sinais fisicamente úteis como movimento, luz, som, força ou rotação, entre outros. Exemplos de atuadores são motores, LEDs ou sistemas de luzes que acendem automaticamente quando escurece ou um buzzer (campainha) que emita sinais sonoros.

Alguns tipos de atuadores são elencados a seguir:

Elétricos

Utilizam a conversão de energia elétrica em energia mecânica, comumente empregados para movimentar um determinado controle, podendo funcionar como um interruptor, em operações realizadas à distância, garantindo inúmeras aplicações. Geralmente trabalha em conjunto a um equipamento de controle e posicionadores.

Hidráulicos

Convertem a energia ou força hidráulica em energia mecânica, gerando movimentos lineares. Com isso é possível o deslocamento de objetos pesados. O seu funcionamento se dá pelo uso de fluido hidráulico, com óleos especialmente projetados tais equipamentos.

Pneumáticos

Emprega gás à pressão, realizando a conversão de energia pneumática em movimentos de objetos, geralmente usado em projetos de pequeno porte, pois não possui muita precisão, contudo, tem um custo menor.

Ao conectar objetos (coisas) com diferentes funcionalidades a uma rede foi criada uma infinidade de possibilidades e aplicações. Contudo, o novo cenário está repleto de desafios a serem superados, como a segurança e privacidade, heterogeneidade dos objetos quanto às restrições de processamento, memória, tipos de comunicação e limitações de energia dos dispositivos. Assim, serão necessárias adaptações e desenvolvimento de novos protocolos e algoritmos que possibilitem conectar os diferentes dispositivos e, para isso, diferentes áreas da tecnologia têm se esforçando para propor soluções para que a IoT cada vez mais faça parte do nosso cotidiano.

BIBLIOGRAFIA

- AMAZON. AWS IoT Core. 2022. Disponível em: https://docs.aws.amazon.com/pt_br/iot/latest/developerguide/iot-dg.pdf. Acesso em: 23 de junho de 2022.
- ARDUINO. Arduíno UNO Rev. 3. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 11 de novembro de 2021.
- AQUINO, A. Sensores Conectados em Redes: Especial Internet das Coisas. Revista da Sociedade Brasileira de Computação. p. 9-13, 2015.
- BRAGA T., RUIZ L., NOGUEIRA J. Tecnologia de nós sensores sem fio. UFMG. 2003. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~linnyer/ufmgnossensores.pdf/>. Acesso: 10 de janeiro de 2022.
- CAVALCANTE M. A., TAVOLARO C. R. C., MOLISANI E. Física com arduino para iniciantes. Revista Brasileira de Ensino de Física. 2011. v.33, n.4, p4503.
- ESPRESSIF. ESP-WROOM-32 Datasheet 2020. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf. Acesso: 6 de dezembro de 2020.
- IBRAHIM, D. The Complete ESP32 Projects Guide. 1a. ed. [S.l.]: Elektor Digital, 2017. KOLBAN, N. Kolban's book on ESP32. [S.l.]: Leanpub, 2018
- LOPEZ RESEARCH. Uma introdução à Internet das Coisas (IoT). São Francisco, 2013. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/brand/iot/iot/pdfs/lopez_research_a_n_introduction_to_iiot_102413_final_portuguese.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2022.
- McROBERTS, M. Arduíno Básico. São Paulo: Novatec, 2.ed. 505p, 2015
- MATHEEN, M. A., SUNDAR, S. IoT Multimedia Sensors for Energy Efficiency and Security: A Review of QoS Aware and Methods in Wireless Multimedia Sensor Networks. Int J Wireless Inf Networks. Sensors. 19(1), 199, 2019.
- POPESCU, D., STOICAN, F., STAMASTESCU, G., et al. Advanced UAV-WSN System for Intelligent Monitoring in Precision Agriculture. Sensors, v. 20, n. 3, 2020.
- RASPBERRYPI FOUNDATION. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/software/> Acesso: 10 de janeiro de 2021.
- RASPBERRYPI. Raspberry Pi Foundation. 2021. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/about/> Acesso: 27/01/2021
- REIGONES, A. R., GASPAR, P. D., GARCIA, N. M. Sistema de monitorização de biosinais de gado baseado em tecnologias da informação e comunicação & eletrónica (TICE). In: International Congress on Engineering 2017. Proceedings, ICEUBI, 2017.
- SABO, P. H.; KAWAMOTO, A.; LIBERATO, R.; CARDIERI, P. Plataforma de hardware de baixo custo para ensino de conceitos em Internet das Coisas. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, Lousada, n. 28, p. 510-519, 2020.
- SANTOS B.P., SILVA L. A. M., CELES C. S. F. S., et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. 2016.

TEIXEIRA, H.T., TAVARES, M.F., PEREIRA, R.V.M. Sistemas Digitais. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A. 184p, 2017.

XU, L. D., HE, W., LI, S. Internet of things in industries: A survey. IEEE Transactions on industrial informatics, v. 10, n. 4, 2014.

USBERT, E. E.; AMARAL, A. F. F.; CARVALHO, V. A. Aplicação de técnicas de qualidade da informação em sensores na internet das coisas (IoT). Revista Ifes Ciência, Vitória, v. 7, n. 1, 2021.

Adriana Camargo Ferrasi
Emerson Carlos Sarti Ferrasi
Faberson Augusto Ferrasi
Eduardo Martins Morgado

1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) tem fornecido novos recursos para diversas áreas, como a Indústria 4.0, a automação residencial, a agricultura, o meio ambiente e energia, além de atuar como o alicerce das Smart Cities (cidades inteligentes) e dos automóveis conectados. Absolutamente, a área da saúde também tem se beneficiado dessa tecnologia e já existem variados tipos de equipamentos e dispositivos disponíveis e cujo impacto é significativo na melhora da qualidade de vida dos pacientes. Digno de nota é o aumento relevante dos dispositivos e aplicativos móveis que passaram a ser utilizados nos últimos cinco anos e que desempenham um papel crítico no rastreamento e prevenção de doenças crônicas para muitos pacientes e seus médicos. Combinando IoT com as tecnologias de telemedicina, surgiu um novo termo, a Internet of Medical Things (IoMT) ou Internet das Coisas Médicas e o mercado global nesse setor deve movimentar mais de 158 bilhões de dólares em 2020, superior aos 41 bilhões de 2017.

Seguramente, a maior relevância da IoT na área da saúde é garantir o acesso a informações, em tempo real, sobre os sinais de saúde e sintomas do paciente, permitindo o acompanhamento remoto e tomada de decisão, quer nos cuidados a pacientes hospitalizados ou mesmo quando estão em suas casas.

Torna-se relevante complementar a lista de aplicações da IoT na saúde com os recursos não diretamente relacionados ao atendimento ao paciente, como o desenvolvimento de dispositivos com sensores para monitoramento de condições ambientais (temperatura, umidade e luminosidade) durante o transporte de amostras biológicas, para garantir que tenham sido mantidas em condições ótimas para posteriores análises laboratoriais; alimentação remota de informações aos prontuários eletrônicos em nuvens de dados; controle de estoque, armazenamento e dispensação de medicamentos em instituições hospitalares públicas e privadas, entre outros.

No geral, a tendência é que os equipamentos IoT colem dados de sensores distribuídos nos locais de interesse, como os domicílios, casas de repouso, hospitais, ou outras áreas utilizadas pelo paciente. Contudo, nota-se um movimento rumo à concepção de dispositivos IoT vestíveis, como relógios e pulseiras, dotados de sensores capazes de detectar frequência cardíaca, pressão sanguínea, temperatura corporal, além de sensores de etiquetas RFID (Radio Frequency Identification) e de movimento (PIR Sensor, do inglês Passive Infrared Sensor). Ainda, muitos sensores podem ser combinados com outras tecnologias como, por exemplo, algoritmos de inteligência artificial (IA), que aumentaria a precisão e a velocidade das interpretações dos dados clínicos.

Pacientes cardíacos ou diabéticos requerem monitoramento contínuo. Assim, dispositivos com recursos aplicados continuamente e, em tempo real, poderiam salvar vidas, uma vez que tais comorbidades pode envolver situações urgentes e críticas. Tais recursos incluem vários sensores que podem monitorar os batimentos cardíacos baseados em fotopletismografia de pulso (PPG), a temperatura corporal, a pulsação e a pressão sanguínea, e, que seriam de valiosa utilidade em uma parada cardiorrespiratória. Tais sinais poderiam ser encaminhados ao hospital e/ou serviços de socorro médico, garantindo o deslocamento de atendimento em tempo adequado e efetivo. Os diabéticos necessitam de verificações dos níveis de glicose sanguínea várias vezes por dia, como por exemplo, aqueles dependentes de insulina, hospitalizados ou não. Sensores precisos capazes dessa verificação já estão disponíveis no mercado, inclusive, recentemente, tais sensores foram utilizados na aferição remota dos níveis de glicose no sangue de pacientes internados com COVID- 19 na Califórnia.

O contexto da pandemia mundial de COVID-19 evidenciou a expressividade da IoT na área médica. A doença pode causar danos pulmonares e a falta de ar é um dos seus primeiros sintomas, assim, monitorar a frequência respiratória foi crucial nas infecções por SARS-CoV-2. A aferição tradicional requer dispositivos médicos profissionais ligados ao tórax, abdômen, pescoço ou nariz, incômodos ao usuário. Atualmente, estão disponíveis dispositivos vestíveis (relógios e pulseiras) que podem fornecer monitoramento contínuo da frequência respiratória, além dos recursos para detecção da saturação de oxigênio no sangue (SpO₂), outro sinal de alerta da doença.

O monitoramento da doença de Alzheimer deve se beneficiar com o uso de dispositivos IoT. Os pacientes com Alzheimer devem ser constantemente monitoradas pois, os lapsos de memória podem dificultar o retorno dos pacientes ao saírem de suas casas desacompanhados. O uso de dispositivos com GPS é um dos métodos mais usados pela sua ampla disponibilização e relativo baixo custo. Contudo, esses sistemas são limitados pela sua baixa precisão em ambientes internos e erro de posicionamento em ambientes externos (cerca de 10 metros). Assim, alguns estudos tem combinado outros métodos ao GPS para melhorar a assertividade, como o uso de câmeras, sensores infravermelhos e Bluetooth.

Embora pouco familiar, a tecnologia IoT chegou também até as cápsulas ingeríveis, abordagem considerada menos invasiva que os equipamentos atualmente utilizados nos exames do trato intestinal. Com o uso dessas cápsulas, uma série de informações podem ser registradas, já que é capaz de captar e transmitir imagens do trato gastrointestinal e do cólon de um paciente. Em 2014, o FDA aprovou a utilização de um dispositivo com essa finalidade, batizado de PillCam COLON. Já em 2017, a mesma agência reguladora aprovou o primeiro medicamento com um sistema de rastreamento de ingestão digital, prescrito para o tratamento da esquizofrenia, depressão em adultos e outros transtornos psiquiátricos. A pílula possui um sensor embutido que registra que o medicamento foi tomado. O sistema funciona enviando uma mensagem do sensor para um adesivo vestível, que, então transmite a um aplicativo móvel do paciente. Os pacientes também poderão, se o desejar, permitir que cuidadores e médicos tenham acesso às informações em um

portal na internet. Atualmente os sensores ingeríveis estão sendo avaliados em ensaios para detecção precoce do câncer.

Além da atenção quando as necessidades médicas já estão presentes, outro setor que vem evoluindo, antes mesmo da IoMT, é o da promoção da saúde, como por exemplo, os dispositivos para fitness, com recursos para monitoramento do pulso, cálculo de distância percorrida, usando o GPS e o acelerômetro para inferir qual atividade física o usuário está realizando, além de avaliar a queima de calorias, baseado no peso, altura, sexo e idade informados previamente.

O envelhecimento populacional é um fenômeno mundial e uma das transformações sociais mais significativas do século XXI. A população com mais de 60 anos cresce a uma taxa de cerca de 3% ao ano e, em todo o mundo, um bilhão de pessoas tinham 60 anos ou mais no ano de 2019. Estima-se que esse número aumentará para 1,4 bilhão em 2030 e 2,1 bilhões em 2050. O envelhecimento está diretamente relacionado ao aparecimento das doenças crônicas, dificuldades em gerenciar a tomada de medicamentos, deambular e realizar outras atividades diárias, além da maior vulnerabilidade a quedas e lapsos de memória. Nesse cenário, as demandas por dispositivos que permitam monitoramento a idosos devem ser consideradas pelas empresas, já que estes poderão garantir melhor qualidade de vida e autonomia aos usuários, bem como maior tranquilidade e comodidade aos cuidadores e familiares. Aqui, a aplicação de sensores vestíveis para a detecção e alerta de quedas e geolocalização seriam de grande valia e, certamente, também aqueles recursos já discutidos anteriormente que monitoram os dados vitais como temperatura, batimentos cardíacos, pressão arterial, entre outros.

De fato, a IoMT tem disponibilizado um crescente número de dispositivos e recursos para melhorias na área da saúde, prometendo revolucionar o atendimento e a qualidade de vida dos pacientes. Contudo, para que esses recursos possam se tornar acessíveis a boa parte da população, alguns desafios devem ser vencidos, como a escalabilidade, o gerenciamento da heterogeneidade e volume das informações que são geradas, a integração entre os diferentes dispositivos e recursos, a usabilidade e acessibilidade, as demandas de energia, falta de conectividade em locais remotos, e principalmente, a necessidades de segurança e confidencialidade dos dados. Ainda, qualquer produto na área da saúde é sujeito a normas regulatórias, a depender do uso, classificação, público, faixa etária, tipo ou local de uso do dispositivo.

Sem dúvidas, com o uso cada vez mais acessível dos smartphones, a implantação dos recursos da IoMT para a área da saúde tende a atingir maior aderência e confiança, já que os usamos para diversos outros fins.

Finalmente, os recursos disponíveis e potenciais da IoMT não visam a substituição dos profissionais da saúde e sim, apoiar e complementar a sua atuação, melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

BIBLIOGRAFIA

Business Communications Company, Sensors: Technologies and Global Markets, 2020. Disponível em: <https://www.bccresearch.com/market-research/instrumentation-and-sensors/sensors-technologies-markets-report.html#:~:text=The%20global%20market%20for%20sensors,forecast%20period%20of%202020%2D2025>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

Calvillo-Arbizu, J., Román-Martínez, I., Reina-Tosina, J. Internet of things in health: Requirements, issues, and gaps. *Comput Methods Programs Biomed.* 2021, 208:106231.

Deloitte Center for Health Solutions, Medtech and the Internet of Medical Things – How connected medical devices are transforming health care. Disponível em <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/medtech-internet-of-medical-things.html>. Acesso em: 23 de outubro de 2022.

Demosthenous, P., Pitris, C., & Georgiou, J. (2016). Infrared Fluorescence-Based Cancer Screening Capsule for the Small Intestine. *IEEE transactions on biomedical circuits and systems*, 10(2), 467–476.

FDA approves PillCam COLON as follow-up test. (2014). *Cancer discovery*, 4(4), 380–381. Disponível em <https://aacrjournals.org/cancerdiscovery/article/4/4/380/4511/FDA-Approves-PillCam-COLON-as-Follow-up-TestFDA>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

Firouzi, F., Farahani, B., Weinberger, M., DePace, G., Aliee, F.S. IoT fundamentals: definitions, architectures, challenges, and promises, in: F. Firouzi, K. Chakrabarty, S. Nassif, *Intelligent Internet of Things*, Springer, Cham, 2020, pp. 3–50.

Gogate, U., Bakal, J. Healthcare Monitoring System Based on Wireless Sensor Network for Cardiac Patients. *Biomed. Pharmacol. J.* 2018, 11, 1681.

Khan, T.A., Alam, M., Tahir, M.J., Kadir, K., Shahid, Z., Mazliham, M.S. Optimized health parameters using PSO: A cost effective RFID based wearable gadget with less false alarm rate. *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* 2019, 15, 230–239.

Mamdiwar, S. D., Akshith, R., Shakruwala, Z., Chadha, U., Srinivasan, K., Chang, C.

Y. Recent Advances on IoT-Assisted Wearable Sensor Systems for Healthcare Monitoring. *Biosensors (Basel)*. 2021, 11(10):372.

Melino, G., Accarino, C., Riehle, M., Potter, M., Fineron, P., Annese, V.F., Grant, J.P. et al. Cumming, Capsule Endoscopy Compatible Fluorescence Imager Demonstrated Using Bowel Cancer Tumours, *IEEE Sensors Journal*, 20, p.9763-9771, 2020.

Mundo do Marketing. Hospitais utilizam IoT para monitorar a glicose de pacientes com COVID-19. 2020. Disponível em: <https://www.mundodomarketing.com.br/noticias-corporativas/conteudo/243213/hospitais-utilizam-iot-para-monitorar-a-glicose-de-pacientes-com-covid-19->. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

Sahu, D., Pradhan, B., Khasnobish, A., Verma, S., Kim, D., Pal, K. The Internet of Things in Geriatric Healthcare. *J Healthc Eng.* 2021 Jul 17;2021:6611366

Saleh M., Jeannès R. L. B. Elderly fall detection using wearable sensors: a low cost highly accurate algorithm. *IEEE Sensors Journal*. 2019;19(8):3156–3164.

Sheikhtaheri, A., Sabermahani, F. Applications and Outcomes of Internet of Things for Patients with Alzheimer's Disease/Dementia: A Scoping Review. *Biomed Res Int.* 2022 Mar 15;2022:6274185.

U.S. Food and Drug Administration. A approves pill with sensor that digitally tracks if patients have ingested their medication. (2017) Disponível em: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-pill-sensor-digitally-tracks-if-patients-have-ingested-their-medication>. Acesso em: 03 de maio de 2022.

World Health Organization; 2017. Decade of Healthy Ageing 2020-2030. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240017900>. Acesso: 11 de novembro de 2022.