



# IOT - INTERNET DAS COISAS

AULA 3



Prof. Gian Carlo Brustolin



## CONVERSA INICIAL

Até aqui, conhecemos a aplicação do conceito de internet das coisas (IoT) em domótica. É bastante provável que esse foi ou será seu primeiro contato com essa tecnologia. Brevemente, entretanto, nossa relação com objetos inteligentes será muito mais frequente e comum. Nesta etapa, vamos conhecer a aplicação de objetos inteligentes e IoT em sistemas públicos de controle de tráfego e veículos autômatos, entre outras soluções para cidades inteligentes (*smart cities*).

A ideia de utilizar facilidades tecnológicas, mormente máquinas computacionais e sua conectividade (as ditas tecnologias da informação e comunicação – TIC), para otimizar a prestação de serviços públicos não é nova. A questão a ser resolvida era o alto custo das soluções existentes, dada a quantidade elevada de máquinas e interfaces para uso público. A consolidação da tecnologia IoT equaciona esse problema de custo. Novos paradigmas de conectividade estão prestes a tornar viável o sonho da ubiquidade dos serviços públicos. Esse sonho contempla a otimização de serviços públicos como provimento de transporte, água, energia; mas, também, permitirá o planejamento inteligente dos investimentos públicos, dada a disponibilidade de dados, em tempo real, do comportamento dos contribuintes.

Conhecemos, nesta etapa, alguns objetos inteligentes já desenvolvidos para cidades inteligentes. Iniciaremos também o estudo do interessante tema de conectividade para cidades inteligentes, como o fizemos sobre a domótica. Ao final desta etapa, analisaremos oportunidades de empreendedorismo em cidades inteligentes.

## TEMA 1 – INTRODUÇÃO ÀS CIDADES INTELIGENTES

A intensa concentração da população em centros urbanos é um fenômeno relativamente novo na história humana. O *site* de internet Wordometer, mantido por uma associação de cientistas, calcula que, em 2050, 70% da população mundial se concentrará nos núcleos urbanos. Essa tendência demanda uma dinâmica de atendimento dos serviços públicos impossível de ser adimplida com mero aumento de mão de obra nas repartições estatais municipais. O uso de recursos tecnológicos, visto dessa forma, não tem origem no desejo de conforto da população, mas principalmente na necessidade de tornar os serviços públicos



viáveis para atendimento a uma população em constante crescimento e concentração.

Tomemos o exemplo da prestação de serviços de saúde. A urbanização gera uma pressão crescente, sobre o Estado, para que entregue mais e melhores serviços. Essa pressão, como já percebemos hoje, não poderá ser atendida apenas por novos hospitais e clínicas, mas mediante soluções de telemedicina e monitoramento de sinais vitais, com uso de sensores individuais, que certamente estarão disponíveis nas cidades inteligentes, não apenas universalizando o cuidado com a saúde, mas lhe aportando melhorias. A definição de cidade inteligente, entretanto, não está ligada apenas ao aporte de tecnologia, como veremos a seguir.

## 1.1 O conceito de cidade inteligente

Criar soluções tecnológicas para atendimento a uma população concentrada é recente – acontece há menos de dez anos. A ideia por trás do aporte de tecnologia nas cidades inteligentes é o aproveitamento do lado positivo das aglomerações urbanas, como maior eficiência na distribuição e produção de bens e serviços. Naturalmente, para explorar tais benefícios, a urbanização deve ser bem administrada (Lofhagen, 2020).

O uso de inteligência de dados, por exemplo, é essencial para o eficiente planejamento e disponibilização das facilidades de atendimento, gerando a dita *economia inteligente*, entendida como um ambiente econômico profícuo para indivíduos e empresas. Na economia inteligente, serviços públicos como educação e saúde podem ser redesenhados em função das necessidades locais. O conceito de cidades inteligentes envolve, também, um ambiente urbano inteligente, e são exemplos de facilidades ligadas a esse ambiente: controle de iluminação, facilidades de acesso às informações públicas relevantes e mobilidade urbana inteligente. Lofhagen (2020) ainda propõe uma outra dimensão, a de governança inteligente. Facilidades de conectividade facultam a participação em tempo real, da população, nas decisões da Administração Pública.

Naturalmente, não são apenas esses os avanços possíveis. O tema de sustentabilidade, por exemplo, também é um dos mais importantes focos de pesquisa em *smart cities*. A norma ABNT NBR ISO 37122:2020 é um exemplo de quanto a produção inteligente, associada a sistemas de economia circular e



tratamento seletivo de resíduos, pode contribuir para o controle de impactos ambientais (ABNT, 2020).

Cortese, Kniess e Maccarie (2017, p. 7), após conceituarem sustentabilidade como algo que implica três vertentes, sustentabilidade ambiental, sustentabilidade econômica e sustentabilidade social, afirmam que

[...] uma cidade sustentável deveria observar os três componentes da sustentabilidade no seu planejamento. Isso incluiria temas como licitação verde, construções sustentáveis, redes de transporte coletivo baseadas em fontes renováveis de energia e destinação adequada de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

As possibilidades são numerosas, mas ainda são poucas as iniciativas pragmáticas. As primeiras delas surgiram no Japão, onde a concentração de consumidores de energia elétrica em cidades como Tóquio permitiram investimentos experimentais em atendimento de demanda inteligente de energia. Naturalmente, foi necessário desenvolver um protocolo de comunicação eficiente, para esse fim. Esse protocolo, batizado de *WiSUN*, foi padronizado pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), por meio de suas normas 802.15.4g e 802.15.4.e. Voltaremos a ele em outro ponto de nossos estudos.

## 1.2 *Smart cities* no Brasil

Lai et al. (2020) elencam as características e normas que conduzem a criação de facilidades inteligentes em cidades e também mencionam avanços relevantes na implementação, dessas facilidades, em cidades espalhadas em todas as nações. No território nacional, a cidade citada é Curitiba, capital do Paraná, na Região Sul do país. Mas Curitiba não é a única cidade brasileira com facilidades inteligentes. Há várias outras iniciativas em capitais e em cidades populosas no interior do país. Por outro lado, aqueles que conhecem a capital paranaense sabem que o aporte de tecnologia na cidade não é tão significativo como essa citação pode aparentar. Algumas facilidades tecnológicas, presentes em Curitiba, devem, entretanto, ser mencionadas, como controle de tráfego inteligente e atendimento de emergência inteligente. O principal motivo que produz a presença da cidade entre as *smart cities* mundiais, no entanto, está ligado à intimidade que essa capital possui com a questão da sustentabilidade.

Como comentamos anteriormente, o conceito de cidade inteligente não se limita ao emprego de tecnologia nos serviços públicos. Há normas e

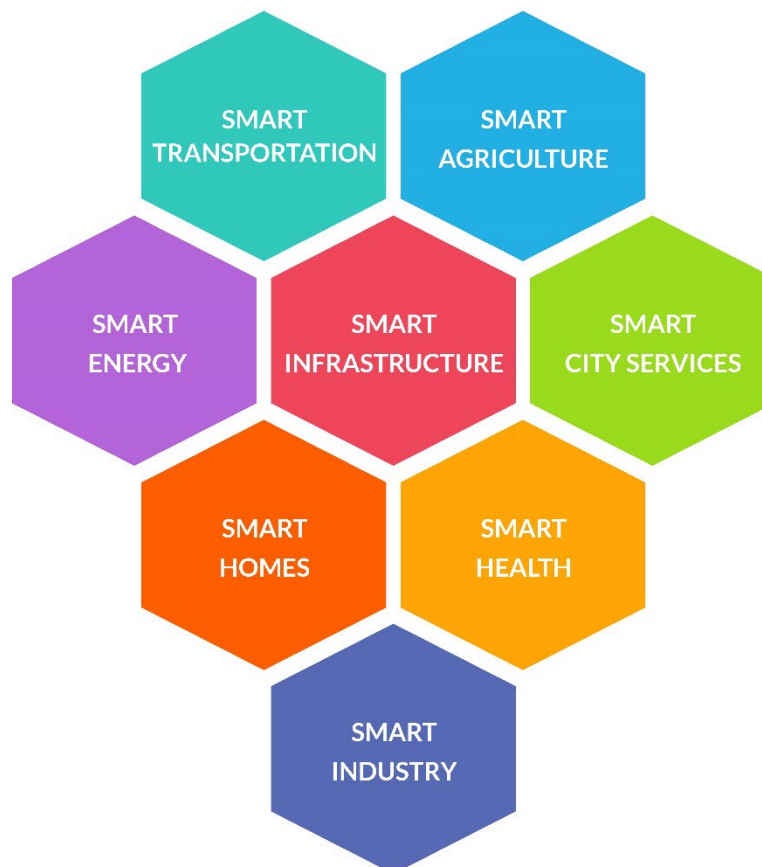


indicadores ligados ao conforto social, sustentabilidade econômica e ambiental. É necessário garantir, por exemplo, que o aporte tecnológico não se resuma à mera automação comercial, com fins de redução de custos para a Administração Pública. De fato, a questão econômica é importante na mesma medida que os impactos sociais e ambientais resultantes desses investimentos. Nessa linha, de evolução holística da prestação de serviço público, a cidade de Curitiba tem, segundo Lai et al. (2020), merecido destaque entre os demais centros urbanos brasileiros, o que garante sua presença no rol mundial de *smart cities*.

### 1.3 *Smart cities* e IoT

Você certamente está se questionando sobre a relação entre *smart cities* e IoT. De fato, o desenvolvimento de tecnologias inteligentes, sem envolvimento humano, a exemplo de *big data*, inteligência artificial (IA) e IoT, são os elos de viabilização do aporte tecnológico nas cidades inteligentes. A Figura 1 ilustra os componentes tecnológicos possíveis de uma cidade inteligente.

Figura 1 – Componentes estruturais de uma cidade inteligente



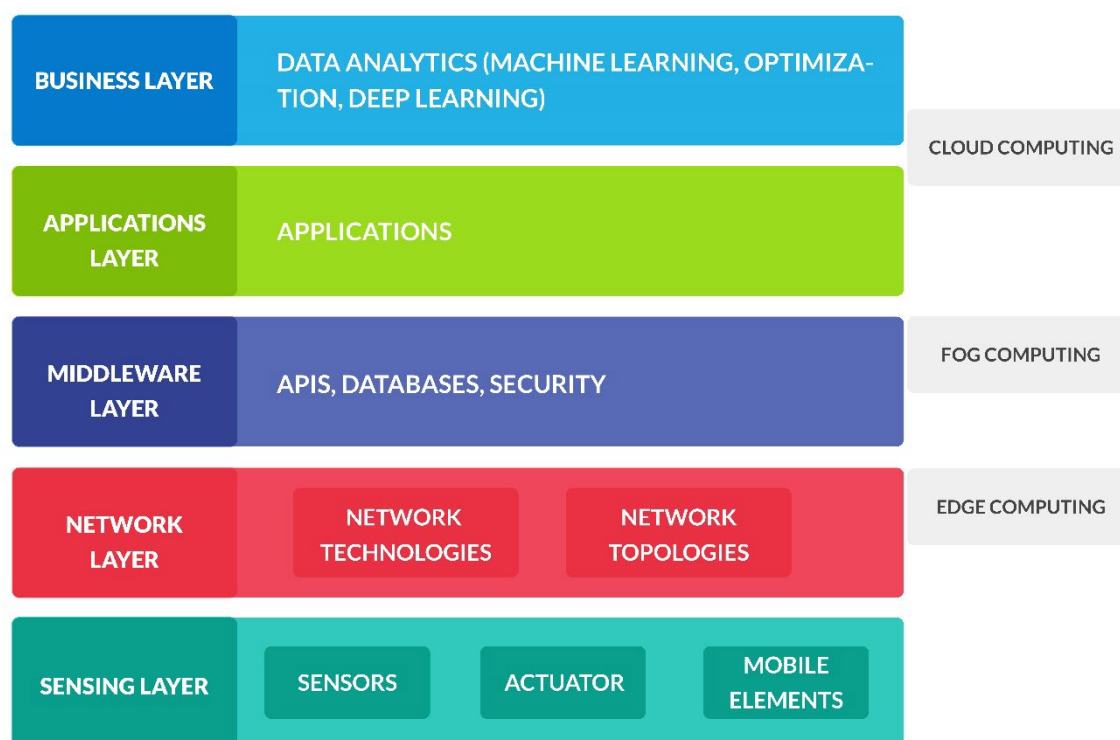
Fonte: Ghazal et al., 2021, p. 432.



Quando imaginamos uma cidade que possua serviços inteligentes de provimento de energia, água e gás interconectados a prédios inteligentes, sistemas de mobilidade e infraestrutura dotados de inteligência, conectados à Administração Pública, percebemos a complexidade tecnológica envolvida nisso. Objetos inteligentes, capazes de processamento parcial em diversos níveis (*fog*, *edge* e *cloud*), interconectados por redes resilientes e seguras, são parte indiscutível do aporte tecnológico em *smart cities*.

Ghazal et al. (2021, p. 434) afirmam que a IoT está no coração das cidades inteligentes, por ser a tecnologia que permite a digitalização ubíqua, facultando o envio de dados, tratados ou não, a uma nuvem de decisão. Esses dados serão convertidos em informações, permitindo a tomada de decisão adaptativa e eficiente. A Figura 2 ilustra essas conclusões.

Figura 2 – Tomada de decisão adaptativa em uma cidade inteligente



Fonte: Ghazal et al., 2021, p. 435.

## TEMA 2 – OBJETOS IoT PARA *SMART CITIES*

Boa parte da literatura científica, segundo afirmam Gama, Alvaro e Peixoto (2012), ao tratarem do tema das cidades inteligentes, divide os aportes de TIC, nas aglomerações urbanas, em ao menos seis dimensões de serviço:



comunicação e governança, saúde, energia, mobilidade ou transporte, educação, água. O cômputo do nível de maturidade de provimento de cada um desses serviços indicaria o nível de maturidade da própria cidade inteligente.

Neste tópico, vamos conhecer como alguns desses serviços se relacionam com os objetos da IoT.

## 2.1 *Smart utilities*

As empresas prestadoras de serviços públicos de energia, saneamento e gás são genericamente chamadas de *utilities*, em inglês. Nas cidades inteligentes, essas empresas ganham o epíteto de *smart utilities*.

As primeiras *utilities* a incorporarem inteligência em suas redes foram as distribuidoras de energia elétrica. Essa primogenitura tem origem na afinidade natural que o fornecimento de energia tem com a tecnologia, pela própria característica da produção de energia e da operação do complexo sistema elétrico. O negócio de energia sempre foi inseparável de boa dose de automação. Esse fato tornou naturais os primeiros ensaios na direção de levar a automação mais próxima às unidades consumidoras.

Com base no sucesso obtido pela experiência de automação da demanda na capital japonesa, comentada anteriormente, nesta etapa, processos de estabilidade e disponibilidade da rede, bem como soluções de microgeração, a exemplo da geração predial de energia solar, passaram a ser opções para uso de IoT com franca vantagem em relação aos métodos anteriores, tradicionalmente equacionados por inteligência computacional adaptativa centralizada.

O aporte tecnológico propiciado pela IoT permitiu, no âmbito desse serviço de utilidade, a criação das redes elétricas inteligentes (REIs). Segundo Berger e Iniewski (2015), a arquitetura de uma REI pode ser descrita pela sua divisão em quatro camadas, seguindo a ideia do modelo de camadas de redes com interconexão de sistemas abertos (OSI), independentes entre si: aplicação, comunicação, controle de potência e sistema, conforme ilustrado pela Figura 3.



Figura 3 – Camadas de uma REI



Fonte: Berger; Iniewski, 2015.

Na camada de sistema estão os três negócios ligados ao fornecimento de energia elétrica: geração, transmissão e distribuição de energia. Os sensores e atuadores IoT operam na proximidade do consumidor e, portanto, ligados ao negócio de distribuição. É fato que a automação da REI depende da integração entre os sistemas de controle dos três negócios; entretanto, para o escopo deste estudo, nos focaremos nas aplicações dedicadas a esses sensores e atuadores, próximos ao usuário.

Quando estudamos a camada de comunicação dessas redes, para cidades inteligentes, percebemos ao menos um fator que as diferencia radicalmente das redes tradicionais. Ao projetarmos ou administrarmos uma rede de área local (LAN) tradicional, pressupomos que os usuários da rede têm necessidades e interesses não concorrentes. Naturalmente, nesses casos, precisamos ter atenção com a segurança de dados, para que um eventual invasor encontre barreiras de acesso. Na camada de comunicação de uma REI, não há uma necessária relação de afinidade entre usuários. Mesmo no nível local, em uma rede predial ou rede de área de construção (BAN), concorrentes comerciais podem compartilhar a mesma rede. Esse problema ganha ainda maior dimensão quando subimos para o próximo nível de rede, a rede de vizinhança (NAN), que pode congrega redes residenciais (HANs), de menor





potencial de risco; ou redes industriais (IANs) e BANs de concorrentes. Dessa forma, a questão da privacidade de dados e da resiliência da rede precisa ser prioritária, no projeto da interface. Um ator industrial, pouco ético, pode ter forte interesse em causar uma falha no controle de fornecimento de energia, por exemplo, de seu concorrente, instalado na mesma NAN.

Como já sabemos, o fornecimento de energia elétrica foi o primeiro serviço de utilidade pública a ganhar investimentos em automação, graças a sua predisposição natural a receber esse aporte tecnológico. Mas, embora seja um setor da economia que permaneça mais avançado em relação às demais *utilities*, ele não é o único. Iniciativas no sentido de controle do fornecimento de gás e água, com alto impacto ambiental positivo, já estão em curso.

## 2.2 Sensores em cidades inteligentes

As principais aplicações de objetos da IoT, em cidades inteligentes, estão certamente ligadas a sensoriamento para tomada de decisão. As REIs, que abordamos anteriormente, são uma proposta interessante por agregarem ao sensoriamento não só a decisão, mas a própria ação inteligente de alteração das características de operação da rede. Como podemos imaginar, nem todas as aplicações terão esse ciclo completo. Vamos conhecer, então, outros sensores típicos para aplicação nos meios urbanos, seguindo a classificação proposta por Ghazal et al. (2021).

- **Sensores de ambiente:** esses objetos são responsáveis pela aquisição de dados ambientais como temperatura, pressão, umidade e iluminação, que permitem o ajuste de parâmetros de conforto não só em residências, mas também no mobiliário urbano, com ganhos em termos de otimização de recursos.
- **Sensores biológicos:** como já observamos, os investimentos em serviços de saúde, em grandes aglomerações urbanas, dependem de soluções tecnológicas inovadoras. Biossensores são objetos responsáveis pela aquisição de dados biológicos da população. Podemos citar, como exemplos de biossensores, os de batimentos cardíacos, oximetria, pressão arterial, entre muitos outros.
- **Sensores químicos:** esses objetos são responsáveis pela aquisição de dados químicos ambientais como monóxido e dióxido de carbono, fumos



tóxicos, potencial hidrogeniônico (PH) da água etc. Estudos de redução de emissões poluentes e de adequação de edificações também podem ser levados a cabo com o tratamento desses dados.

- **Sensores de identificação:** baseados em tecnologias como a de solicitação de informação (RFI), têm a função de possibilitar pagamentos ou mesmo habilitar acesso ao mobiliário público e transportes.
- **Sensores de movimento:** esses objetos são responsáveis pela coleta de dados de movimento e vibração e auxiliam numa mobilidade inteligente e em controle industrial. Entre esses sensores estão os giroscópios e os acelerômetros, por exemplo.
- **Sensores de presença:** esses sensores percebem a presença de humanos, objetos ou animais. Entre esses sensores estão aqueles capazes de estimar a proximidade de um objeto ou a percepção de presença e movimento em espaços controlados. Aplicações desses sensores, em *smart parkings*, já são uma realidade cotidiana.

### TEMA 3 – CONECTIVIDADE DA IoT EM SMART CITIES

Ao tratarmos da estrutura de comunicação de uma REI, comentamos que o atendimento a redes de objetos inteligentes, em *smart cities*, demanda redes bastante especiais, dadas as características não necessariamente amistosas dos usuários. Redes públicas de telefonia foram construídas com esse paradigma de desconfiança presente. Em especial, redes de telefonia móvel digital têm um bom potencial de atendimento às demandas de conectividade. Há, entretanto, outras características, dessas redes, que as tornam apenas parcialmente adequadas, sobre o que voltaremos a tratar, para justificarmos essa afirmação. Aceitemos, por ora, esta possível verdade: um padrão novo precisa ser considerado, para essa nova demanda.

A primeira resposta a isso, focada em cidades inteligentes, foi o padrão Wi-SUM, seguido pelo Wi-Fi HaLow. As demais tecnologias existentes no momento atual, a envolver a IoT, são, de fato, adaptações de padrões para permitir o atendimento relativamente eficiente. Nesse ponto, devemos fazer menção ao 5G, que, embora seja uma resposta adaptativa de telefonia pública móvel, apresenta promessas de alta eficiência, quando comparável aos padrões dedicados, antes citados.



Neste tópico, introduziremos os dois primeiros padrões de forma bastante sintética, mas voltaremos ao tópico, futuramente, para melhor detalhar as soluções existentes.

### 3.1 IEEE 802.11 ah – HaLow

O padrão 802.11 ah é a proposta do IEEE para normalização da interface Wi-Fi e para o crescimento dos objetos inteligentes. No momento em que escrevemos, apesar da profusão de artigos sobre o padrão, equipamentos com essa tecnologia estão ainda em fase de testes, sem disponibilidade comercial.

O Wi-Fi HaLow foi padronizado para operar em baixa frequência ultra-alta (UHF), em torno de 900 MHz. A escolha por frequências mais baixas prioriza a cobertura (de até 1 km) e a transparência de objetos, permitindo menores demandas de energia. De fato, analogamente ao LoRa, o padrão permite que o projetista determine o foco da rede, a velocidade de transmissão excursiona entre 150 Kbps e 8 Mbps, mas, naturalmente, o uso de maiores velocidades implica menor eficiência energética. Alguns estudos indicam que a flexibilidade de foco da interface, em função da mutabilidade do ambiente urbano, necessitaria de uma inteligência adaptativa em tempo real, ou seja, a interface tem bom potencial de atendimento desde que associada a um processo de gerenciamento adaptativo.

Um artigo de Tian et al. (2021) fornece informações bastante interessantes para aqueles que desejarem aprofundamento no conhecimento desse padrão.

### 3.2 WiSUM

As primeiras experiências em escala para atendimento por REI não encontraram uma interface de baixo custo, com as características necessárias. O IEEE já havia emitido uma norma para atendimento por *low data rate wireless* (LDRW), sobre comunicações sem fio, de baixa taxa de transmissão, a IEEE 802.15.4. Foi necessário apenas acomodar as especificações mais exigentes, de medições e atuações na rede elétrica, com o uso de objetos inteligentes. As alterações redesenharam a camada física (PHY), que passou a ter uma norma específica, a 802.15.4g, operando nas proximidades de 900 MHz. As alterações na camada de controle de acesso ao meio (MAC) geraram a norma 802.15.4e.



As adaptações na camada física incluíram a análise constante do meio e da qualidade da radiorrecepção, mantendo, dinamicamente, o sinal mesmo em condições adversas. A MAC tomou emprestado o controle de colisões de dados, utilizado em telefonia celular, e o associou a algoritmos de adormecimento de rádios LoRa. O resultado é uma rede bastante resiliente e adaptável, com boa capacidade de transmissão e foco em comunicação entre máquinas. Voltaremos a essa solução em outro momento.

### 3.3 Redes públicas móveis

Comentamos que as redes de telefonia celular, embora fossem as candidatas mais fortes ao atendimento da conectividade em cidades inteligentes, não são, ao menos até o momento, a solução preferida. Estudaremos, em outro momento, essas redes com mais detalhes; entretanto, adiantamos que, no caso, além de algumas impropriedades técnicas ligadas ao consumo de energia, há a questão da tarifação.

Redes públicas de telefonia não são negócios filantrópicos e os investimentos em redes, para permitir o atendimento as cidades inteligentes, precisam ser remunerados. Naturalmente, as companhias celulares já estão presentes nos centros urbanos e os investimentos são marginais em relação aos já realizados para prover o serviço de voz e dados. A questão é que as redes celulares evoluíram para prover altas demandas de dados, para alta densidade de usuários humanos. O atendimento por comunicação entre máquinas ocupa o espectro, reduzindo a capacidade de faturamento.

Algumas soluções de compartilhamento de banda e alocação dinâmica já existem para tecnologias 3G e 4G, mas tem ainda o potencial esgotamento dos recursos de rádio, provocado pelo número elevado de objetos da IoT, que cria uma pressão por monetizações altas em relação às demais tecnologias que citamos. Dessa forma, o atendimento a cidades inteligentes só pode ser feito de forma parcial pelo sistema de telefonia. Esse atendimento parcial terá foco em aplicações cuja demanda de banda justifique custos envolvidos mais significativos.

Novamente, devemos citar as promessas da nova geração de telefonia, que parece ter bom potencial para equacionar os problemas técnicos e comerciais envolvidos no atendimento com uso de IoT.



## TEMA 4 – CAMADA DE APLICAÇÃO E CONTROLE

Quando descrevemos as aplicações de objetos inteligentes em *smart cities* observamos que não apenas protocolos especiais de rede precisam estar associados a esses dispositivos, mas também uma boa dose de inteligência de controle e de tratamento dos dados, para que deles resultem ações efetivas para a população. Vamos, agora, entender o papel dessa inteligência.

### 4.1 Arquitetura de redes

Já comentamos as diversas arquiteturas de objetos da IoT, ditas *IoT-A*. Nas aplicações em domótica, a grande maioria dos objetos cumpria uma arquitetura de níveis mínimos, conectando-se, cada objeto, sempre que possível, diretamente à internet. Em cidades inteligentes, a arquitetura deve conter mais níveis, uma vez que a conexão com a internet nem sempre é necessária aos objetos, diretamente. Estruturas com capacidade de inteligência de borda e aptidão para discriminar quais informações devem ser compartilhadas com os níveis superiores, em direção à aplicação, reduzem essa necessidade de conectividade.

As experiências bem-sucedidas com *utilities* de energia tornaram a hierarquia da camada de comunicação das REIs o padrão mais aceito para redes em cidades inteligentes. Dessa forma, teremos o primeiro nível, mais próximo ao usuário, HAN ou BAN, conforme descrevemos nas REIs. As HANs normalmente conterão certa inteligência de borda, residente em um *gateway* de processamento e roteamento, que selecionará e encaminhará as informações para a internet ou para o nível mais alto da rede, NAN. As NANs têm por finalidade conectar HANs às empresas de utilidade ou objetos da IoT de uso público, entre si. Esse nível também conta com inteligência de borda, residente em um *gateway* de processamento e roteamento que selecionará e encaminhará as informações para a internet ou para o nível mais alto da rede, WAN. Nesse último nível transitam dados entre *utilities* e entre estas e o Poder Público.

Nas primeiras implementações de REIs, as NANs eram denominadas *redes de campo* (FAN) e congregavam os equipamentos de medição e operação da rede de alta tensão de distribuição e de operação de subestações. Com a participação de dispositivos de domótica integrados às *utilities*, o termo gradativamente é abandonado.



## 4.2 Tratamento de dados – *data analysis*

A mera disponibilidade de dados coletados pelos objetos inteligentes não torna a cidade inteligente. É necessário preparar e analisar esses dados, transformando-os em informações. Ghazal et al. (2021, p. 447) propõem que o tratamento dos dados seja feito em quatro etapas: aquisição, pré-processamento, análise e serviço. A etapa de aquisição contempla o agrupamento e a memorização dos dados obtidos pelos sensores. Na etapa seguinte (pré-processamento), os dados passarão por testes de consistência, eliminando-se erros e ajustando-se escalas, entre sensores, de forma a padronizar os dados para a próxima etapa. Na etapa de análise, técnicas de ciência de dados serão aplicadas sobre os dados, para que deles se extraia significado, permitindo então a tomada de decisão ou a criação de políticas para atendimento inteligente à população, na etapa de serviço.

A etapa de análise é a que mais nos interessa em virtude de seu viés técnico. Nessa etapa, técnicas de *deep learning* (DL) farão a extração de parâmetros para que algoritmos de *machine learning* (ML) aportem significado às informações. Dito de outra forma, os dados coletados pelos sensores devem ser tratados por etapas de IA.

## 4.3 IA em cidades inteligentes

A grande profusão de sensores em cidades inteligentes nos faz presumir a coleta de infinitos dados, virtualmente. Essa imensa massa de dados não pode ser analisada por métodos estatísticos sem, antes, dela extrairmos os padrões e eliminarmos as invariâncias. Esse tratamento só é possível com uso de redes neurais profundas. A descrição detalhada desse processo não é objeto deste curso, mas alguns de seus conceitos devemos abordar, para permitir o entendimento de sua aplicação em IoT.

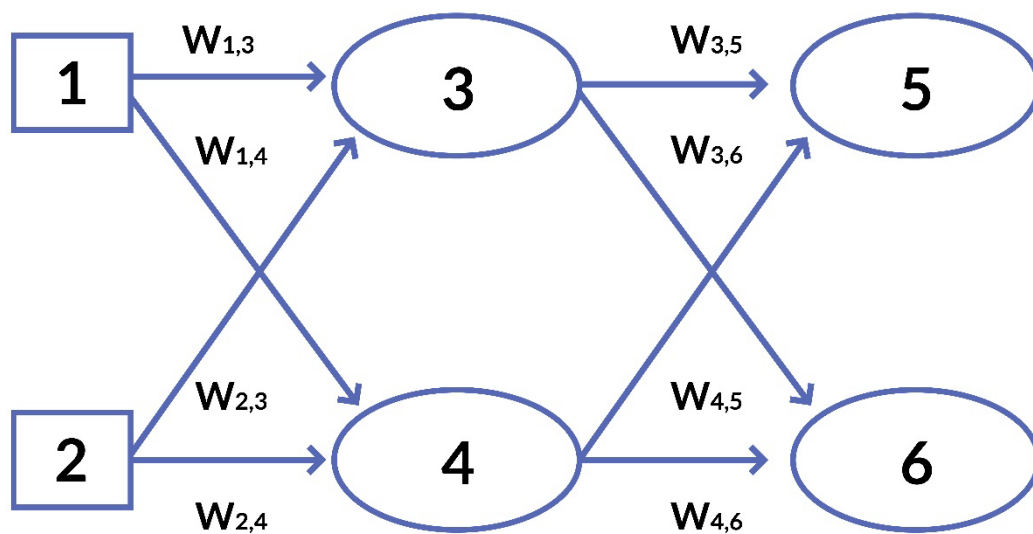
Inicialmente, é possível intuir, mesmo sem conhecimentos de neurociência computacional, que uma rede neural artificial é composta pela associação de neurônios artificiais. Duas são as formas de associar neurônios artificiais: redes alimentadas adiante (ANNs clássicas) e redes recorrentes (RNNs). Nas ANNs, um neurônio de uma camada é conectado apenas a neurônios da camada seguinte, ou seja, não há laços de recorrência. Nas RNNs, as saídas dos neurônios são reinseridas na rede. De forma bastante rudimentar,



podemos dizer que uma ANN é capaz de aprender a identificar padrões em um conjunto de dados; já uma RNN pode fazer reconhecimentos com memória. Dessa forma, as RNNs têm a possibilidade de analisar uma entrada, não apenas em relação ao conjunto de dados, mas também em relação às entradas anteriores.

A Figura 4 representa uma ANN clássica, totalmente conectada. Nessa rede podemos ver três camadas, a saber: a de entrada (neuônios 1 e 2), a camada oculta (3 e 4) e a camada de saída.

Figura 4 – ANN totalmente conectada



Fonte: Russel; Norvig, 2013, p. 637.

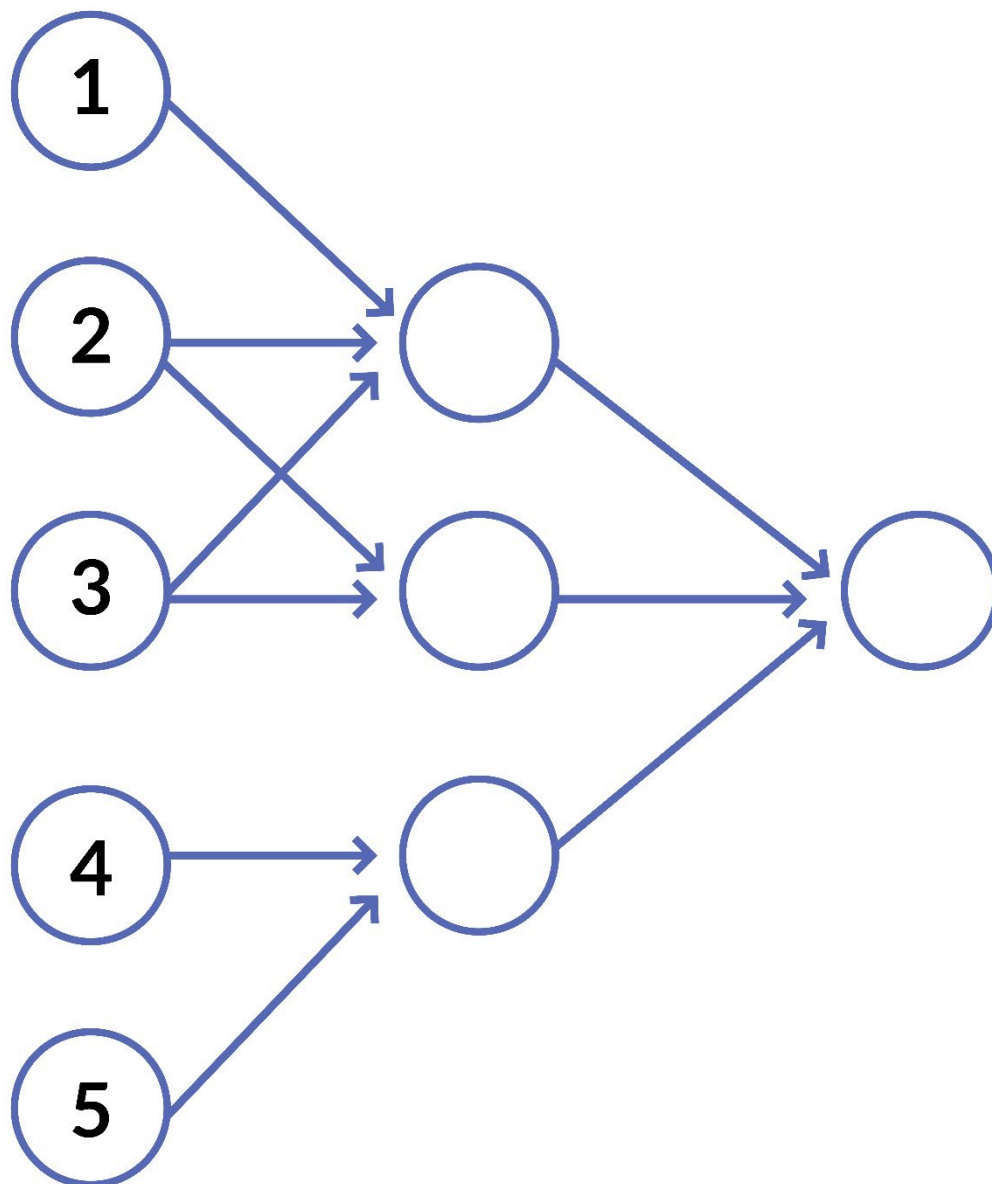
Redes profundas são redes neurais com várias camadas ocultas entre as camadas de saída e de entrada. O aumento da profundidade das redes incorpora a possibilidade de reconhecimento autônomo de padrões nos dados. Assim, de forma simplista, ao oferecermos uma massa de dados a uma ANN profunda, ela será capaz de criar classificações (*datasets*) que podem ser tratadas por algoritmos estatísticos de ML.

Essas redes profundas, entretanto, têm baixa eficiência no reconhecimento de invariâncias. Invariâncias são variações sem importância nos dados, como a rotação ou variações de luminosidade, em uma imagem de um mesmo objeto. Redes neurais convolucionais (CNNs) são eficientes na eliminação dessas invariâncias. A Figura 5 apresenta a arquitetura de uma pequena CNN. Observe que, distintamente da ANN clássica, a conexão entre camadas, naquela, não é plena.





Figura 5 – Arquitetura de uma rede convolucional (autoral)

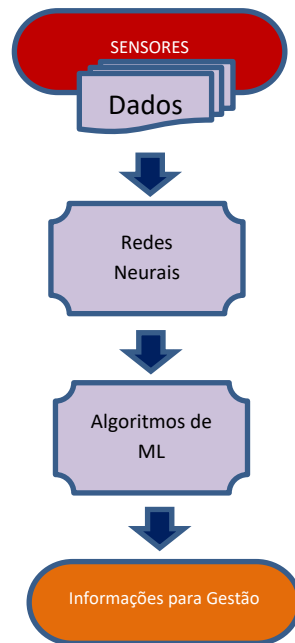


Os dados, após passarem pelo tratamento neural, são então analisados por algoritmos de ML. Segundo Ghazal et al. (2021, p. 449), os algoritmos mais utilizados em análise de dados para cidades inteligentes são Support Vector Machine (SVM), Random Forests (RF), Decision Tree (DT), Naive Bayes (NB), K-Means, K-Nearest Neighbor (K-NN) e Logistic Regression (LR). Esses algoritmos criam árvores que permitem visualizar as concentrações de dados (RF, DT, NB) ou ajudam na criação de uma equação regressiva, para descrição de dado fenômeno. O diagrama da Figura 6 ilustra essa sequência de passos entre a captação de dados pelos sensores e a obtenção de significado com uso de IA.





Figura 6 – Extração de significado dos dados, para gestão pública



Concluído esse processo, o administrador público será capaz, por exemplo, de entender qual público é mais demandante de dado serviço, identificar lacunas de serviços ou mesmo alterar equipamentos urbanos em direção à sustentabilidade. Esses possíveis resultados são interessantes, mas, se pensarmos que podem ser obtidos em tempo real, permitindo prestação de serviços adaptável, temos um vislumbre do real potencial das cidades inteligentes.

## TEMA 5 – EMPREENDEDORISMO EM *SMART CITIES* COM IoT

O tópico das cidades inteligentes é substancialmente mais complexo que nossos estudos anteriores sobre domótica e, de certa forma, é possível dizer que as casas inteligentes se incorporam como um componente das *smart cities*. Dessa forma, as oportunidades de negócio que surgem nesse caso não excluem as antes comentadas, apenas as ampliam. Vamos, então, introduzir algumas oportunidades de negócio ligadas às cidades inteligentes, como já o fizemos. Este tópico não pretende ser uma relação de negócios, mas apenas indicar possibilidades para que você possa, se o desejar, visualizar oportunidades de empregabilidade e empreendedorismo.



## 5.1 Serviços inteligentes

As facilidades de obtenção de dados, em cidades inteligentes, permitem oportunidades de desenho de serviço customizado não apenas para o setor público. As informações, se compartilhadas, podem também motivar empreendimentos privados. Alguns exemplos interessantes são: coleta circular de resíduos, telemedicina, segurança privada e tecnologia da informação.

A coleta de resíduos, realizada pela Administração Pública, faz uso de sensores inteligentes para direcionar a equipe de coleta. Com um pouco mais de tratamento dos dados, é possível aplicar conceitos de economia circular, que permite o reaproveitamento de resíduos, principalmente industriais, em processos que os consumam como insumos. Dessa forma, além de se gerar um negócio economicamente interessante, colabora-se com a sustentabilidade da cidade.

Telemedicina é uma tendência que ainda está em consolidação. Assim, muitas são as oportunidades, tanto ligadas ao médico quanto ao paciente. O primeiro necessitará de facilidades de acesso e tratamento dos dados; já os pacientes têm interesse na celeridade de diagnóstico e pré-diagnóstico. Diagnósticos prévios ao aparecimento de moléstias podem, também, motivar mudanças de hábitos sem a intervenção direta do profissional médico.

Quanto à tecnologia da informação, as oportunidades que se abrem são inúmeras, e alguns exemplos são o desenvolvimento de *front ends* personalizados, a implementação de algoritmos de IA, de algoritmos de computação de borda etc.

## 5.2 Segurança e privacidade de dados

Outro aspecto que demanda consideráveis esforços de programação, em cidades inteligentes, se refere à segurança e privacidade dos dados coletados. A presença ubíqua de sensores de todos os tipos, no ambiente urbano, gera a real possibilidade de devassamento da intimidade dos munícipes. Modelos de tratamento que mantenham os dados brutos inacessíveis ainda estão em desenvolvimento, mas, mesmo após sua padronização, riscos de subtração de dados ou vazamentos inadvertidos têm altíssimo potencial de ocorrência. Trataremos, ainda neste curso, das questões de segurança de um produto da IoT; mas, neste ponto, é importante que visualizemos as oportunidades



profissionais ligadas ao tópico de segurança de dados, geradas nas cidades inteligentes.

## FINALIZANDO

Nesta etapa, entendemos como objetos da IoT podem ser aplicados em sistemas urbanos complexos que permitirão o atendimento eficiente de serviços prestados aos munícipes, mesmo em metrópoles com altas concentrações populacionais. Estudamos as redes elétricas inteligentes, que são a primeira materialização dos conceitos de cidades inteligentes, já em operação no Brasil. Apresentamos, finalmente, os processos de *back end* relacionados ao tratamento de dados e conversamos, brevemente, sobre as oportunidades de negócio que surgem do conceito de *smart cities*.

Certamente percebemos, nesta etapa, a complexidade ligada às soluções de IoT em aplicações amplas, como as enormes massas de dados geradas em cidades inteligentes. Em outro momento, voltaremos nossos olhos para o estudo da engenharia de *software* necessária para o desenvolvimento de códigos relacionados a essas aplicações complexas.



## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 37122:2020**: cidades e comunidades sustentáveis – indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro, 9 jul. 2020.
- BERGER, L. T.; INIEWSKI, K. **Redes elétricas inteligentes**: aplicações, comunicação e segurança. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- CORTESE, T. T. P.; KNISS, C. T.; MACCARIE, E. A. (Org.). **Cidades inteligentes e sustentáveis**. São Paulo: Manole, 2017.
- GAMA, K.; ALVARO, A.; PEIXOTO, E. Em direção a um modelo de maturidade tecnológica para cidades inteligentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, 8., 2012, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2012. p. 513-518.
- GHAZAL, T. M. et al. IoT for smart cities: Machine learning approaches in smart healthcare – A review. **Future Internet**, v. 13, n. 8, p. 218, 2021.
- LAI, C. S. et al. A review of technical standards for smart cities. **Clean Technologies**, v. 2, n. 3, p. 290-310, 2020.
- LOFHAGEN, J., C. P. **Startups**: transformando cidades tradicionais em cidades inteligentes. Curitiba: Contentus, 2020.
- RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência artificial**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- TIAN, L. et al. Wi-Fi HaLow for the Internet of Things: An up-to-date survey on IEEE 802.11ah research. **Journal of Network and Computer Applications**, 13 mar. 2021.