

# Ambientes Inteligentes: Uma Revisão Sistemática

Gabriel F. Alves<sup>1</sup>, Emerson V. Souza<sup>1</sup>, Débora C. M. Saade<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF)  
Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº São Domingos – 24.210-346 – Niterói – RJ – Brasil

{gabrielferreiraalves, esouza}@id.uff.br, debora@midia.com.uff.br

**Abstract.** *With the growth of technology, developing environments that can, in an interactive way, help the execution of human activities becomes possible. This work intends to raise the main concepts of the so-called Ambient Intelligence, to cite the tools used, to expose the sciences involved, to discuss how the human-environment relationship is treated, to approach the Educational Intelligent Environments topic and to discuss how intelligent cities can be approached.*

**Resumo.** *Com o crescimento da tecnologia, desenvolver ambientes que possam, de forma interativa, ajudar na execução das atividades dos seres humanos se torna possível. Este trabalho busca levantar os principais conceitos dos chamados Ambientes Inteligentes, citar as ferramentas utilizadas, expor as ciências envolvidas, discorrer sobre como a relação humano-ambiente é tratada, abordar o tema Ambientes Inteligentes Educacionais e ainda discutir sobre como cidades inteligentes podem ser abordadas.*

## 1. Introdução

O Grupo Consultivo de Tecnologias da Sociedade da Informação da Comissão Europeia (*European Commission's Information Society Technologies Advisory Group - Istag*) introduziu o conceito de Ambientes Inteligentes [Ducatel et al. 2001].

Augusto e McCullagh (2007) ainda dizem que as pessoas estão agora mais dispostas a aceitar que as tecnologias participam e moldam a vida diária. Os jovens de hoje fazem parte de uma geração conectada pela rede, nascem em um mundo com computadores, telefones celulares, Internet e têm pouco medo da tecnologia. Ao mesmo tempo, existem importantes forças motrizes socioeconômicas e políticas. Um exemplo importante disso é o movimento para a descentralização dos cuidados de saúde e o desenvolvimento de tecnologias assistenciais de saúde e assistência social para a vida independente. O paradigma da saúde eletrônica (*e-health*) afasta o cidadão do sistema de saúde centrado no hospital, apressando essa mudança de atendimento dos cuidados secundários e terciários para a atenção primária.

Mohamed e Salem (2014) dizem que, ao confiar em várias técnicas de Inteligência Artificial, a tecnologia de Ambientes Inteligentes promete a interpretação bem-sucedida da riqueza de informações contextuais obtidas por sensores incorporados e irá adaptar o ambiente às necessidades do usuário de forma transparente e antecipada.

Este trabalho busca levantar os principais conceitos sobre Ambientes Inteligentes e introduzir a abordagem de Cidades Inteligentes. Nos tópicos que se seguem serão abordados assuntos pertinentes sobre os Ambientes Inteligentes. Na Seção 2, os principais conceitos que definem um Ambiente Inteligente serão explorados. Como a interação

entre os seres humanos e o ambiente acontecem são tratados na Seção 3, seguido pela abordagem de Ambientes Inteligentes na Educação na Seção 4, enquanto a Seção 5 conceitua as Cidades Inteligentes. Os principais desafios dessa tecnologia são listados na Seção 6 e, por fim, as conclusões são discutidas na Seção 7.

## 2. Conceitos Básicos

O paradigma de Ambientes Inteligentes baseia-se em alguns conceitos, como Computação Pervasiva, Computação Ubíqua, Práticas de Criação de Perfil, Consciência de Contexto e *Design* de Interação de Computação Centrada a Humanos. Ela é caracterizada por sistemas e tecnologias que são embutidas, cientes de contexto, personalizadas, adaptativas e antecipatórias [Moseley 2017].

Ambientes Inteligentes - do inglês *Ambient Intelligence* (AmI) - é uma área de pesquisa multidisciplinar, sendo definida como a convergência entre cinco grandes áreas [Mohamed and Salem 2014]. São elas:

- Engenharia Eletrônica: os avanços na Engenharia Eletrônica possibilitam que pesquisadores trabalhem em conceitos ambiciosos e aproximam um pouco da plena realização da inteligência ambiental em nossos ambientes diários.
- Ciência da Computação: graças a essa área, o ambiente é enriquecido por vários dispositivos como computadores, *smartphones*, GPS, *tablets*, *Data Mining*, Visão Computacional, sensores infravermelho de movimento, sensores de identificação biométrica, entre outros.
- Telecomunicação: essa área introduz a infraestrutura de suporte, que inclui algumas tendências recentes na tecnologia de sensores, como Processamento de Sinal e Redes Móveis.
- Inteligência Artificial: as técnicas de Inteligência Artificial oferecem ferramentas robustas e metodologias usadas para uma interpretação bem-sucedida da riqueza de informações contextuais obtidas a partir de sensores incorporados e adaptam o ambiente às necessidades dos usuários de forma transparente.
- Inteligência Social: a Inteligência Social está envolvida com uma combinação de inteligência da máquina e inteligência humana, e é necessária para estabelecer redes sociais que contenham comunidades de pessoas, organizações ou outras entidades sociais.

Cada uma dessas áreas acrescenta vários conceitos e funcionalidades que permitem a ocorrência de alterações no ambiente, desde o ar-condicionado que ajusta a temperatura de acordo com a chegada de uma pessoa, ao café e torradas serem preparados instantaneamente na cozinha, por exemplo.

Alguns pesquisadores estão construindo Ambientes Inteligentes sem Inteligência Artificial, concentrando-se apenas nas tecnologias operacionais, como sensores, atuadores, comunicação e computação ubíqua. Entretanto, mais cedo ou mais tarde, esse baixo nível de inteligência irá ser um claro retrocesso. A aceitabilidade dos Ambientes inteligentes irá resultar em uma combinação balanceada entre tecnologias operacionais e Inteligência Artificial [Ramos et al. 2008].

Mohamed e Salem (2014) discorrem sobre os profundos impactos que as tecnologias e aplicações de Ambientes Inteligentes têm sobre o dia a dia das pessoas e da sociedade. A Figura 1 exhibe as várias aplicações e ambientes onde os AmI são inseridos.



**Figura 1. Ambientes e Aplicações dos Ambientes Inteligentes. Fonte: Mohamed e Salem, 2014.**

AmI pode ser inserido na vida das pessoas de forma a realizar, desde ações cotidianas, quanto melhorar a qualidade de vida e auxiliar aqueles que sofrem de alguma doença ou deficiência. Em seu trabalho, Doctor et al. (2014) propôs uma abordagem de agentes difusos para monitoramento de pacientes com demência usando a tecnologia de Ambientes Inteligentes. Ele explica que os pacientes podem utilizar o controle de sistemas de aquecimento ou resfriamento, colocando-os em temperaturas muito altas ou muito baixas, e depois esquecem que manipularam o sistema. Nesse caso, é importante monitorar como as mudanças nos estados de ambiente estão afetando as ações de um paciente e construir um modelo de percepções de conforto individual, podendo ser analisado e rastreado ao longo do tempo para detectar alterações anormais que podem ser causadas por problemas de declínio cognitivo.

A otimização de energia também é um forte atrativo para a implementação dos Ambientes Inteligentes, podendo ser realizada uma adaptação automática nos cenários em função da luminosidade existente. Isso poderia ajudar na redução do consumo de energia em determinadas horários. Inúmeros cenários podem ser configurados para reagir a uma determinada ação do usuário, desde o pressionar de uma tecla, um comando de voz ou até mesmo na identificação de sua impressão digital ao ingressar na sala. Outro atrativo que oferece praticidade aos usuários é possibilidade de interagir com o Ambiente Inteligente através dos dispositivos portáteis, como *smartphones*, por exemplo, permitindo a realização de tarefas e configurações remotas de cenários [Perozzo and Pereira 2007].

Levando em consideração os trabalhos e pesquisas na área de Ambientes Inteli-

gentes, observamos que ela se refere a um ambiente digital que, proativamente, mas de forma sensível, apoia as pessoas em suas tarefas diárias [Augusto and McCullagh 2007].

### 3. Interação com Humanos

Os sentidos capturam informações, tanto por humanos usando seus cinco sentidos ou por sistemas usando seus dispositivos ultrassônicos, câmeras e microfones. A ação sobre esses ambientes ocorre pelas decisões e ações humanas e por sistemas automáticos, como robôs e agentes. Além disso, pessoas ou agentes que não interagem diretamente com o sistema podem mudar o ambiente e eventos inesperados podem ocorrer.

Humanos geralmente interagem por meio de linguagem falada ou escrita, logo, é esperado que eles interajam dessa forma com os Ambientes Inteligentes. Entretanto, o reconhecimento da fala e o processamento da linguagem natural são problemas diferentes e complementares [Ramos et al. 2008]. Usando técnicas das cinco áreas citadas no tópico anterior, formas de se obter, processar e interagir com os humanos foram pensadas e construídas.

A fala pode ser reconhecida obtendo o sinal por meio de um microfone. É necessário identificar os fonemas e essa etapa necessita de processos de Reconhecimento de Padrões e Processamento de Sinais. Após unir fonemas, é preciso identificar palavras. Esta etapa é complexa, já que o modo que o usuário fala acaba influenciando no "entendimento" do sistema.

Já a linguagem natural implica uma sequência escrita, resultada de uma entrada digitada por meio de um teclado ou pelo processamento e conversão do sinal da fala. Sistemas de tradução também podem ser estudados para que os falantes de determinados idiomas possam ser atendidos.

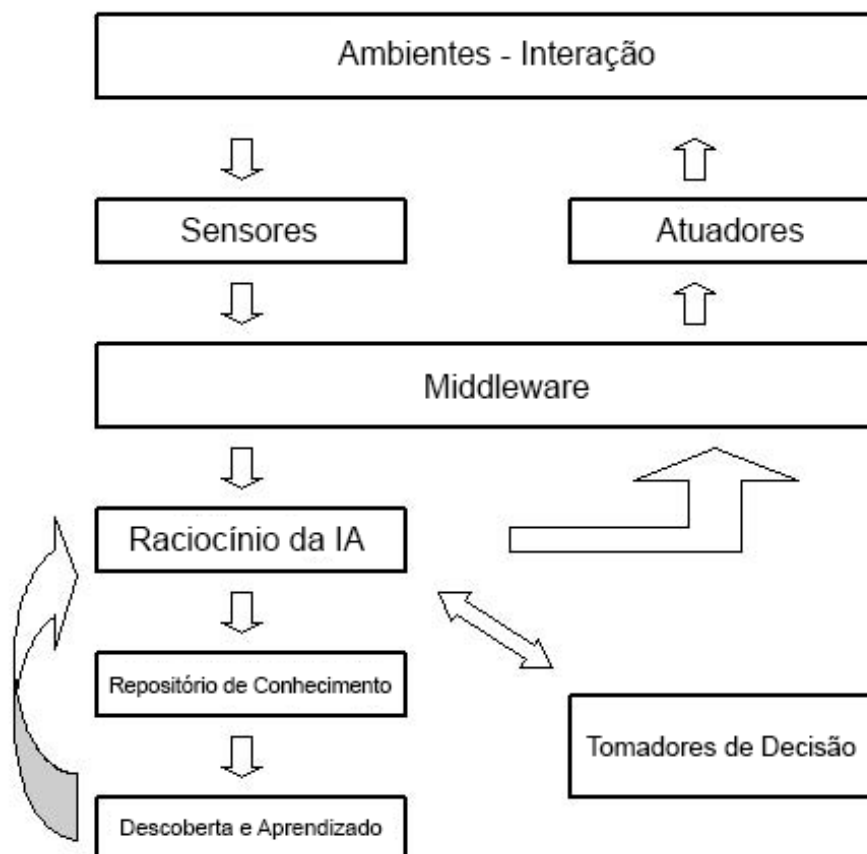
A visão é a mais rica aquisição do ser humano e, dessa forma, a habilidade de automatizar a visão também é importante [Ramos et al. 2008].

A área de Visão Computacional pode ser usada de várias formas em Ambientes Inteligentes como, por exemplo, sistemas de transporte inteligentes que podem identificar problemas de trânsito, padrões de tráfego ou veículos próximos. Por meio desta área, também pode-se perceber gestos humanos para controlar equipamentos ou expressões faciais humanas para identificar estados emocionais.

Augusto e McCullagh (2007) dizem que um sistema de Ambientes Inteligentes pode ser construído de várias maneiras e que, normalmente, ele precisa de sensores e dispositivos que cerquem os ocupantes do ambiente. Todos esses elementos fornecem dados ao sistema nos diferentes contextos que são inseridos, como os citados anteriormente.

Os dados coletados são transmitidos por uma rede e pré-processados pelo *Middleware*, que agrupa os dados de todos os dispositivos espalhados pelo ambiente. Para que a decisão mais fácil e benéfica para os ocupantes seja tomada, o sistema deve possuir uma camada de raciocínio de alto nível que realize um diagnóstico e aconselhe ou auxilie os humanos com responsabilidade por intervenção. Os elementos que podem ser incluídos no processo de tomada de decisão de alto nível são "repositórios de conhecimento", onde os eventos são coletados e uma inteligência artificial deve ser utilizada para tomar decisões.

As técnicas de descoberta de conhecimento e aprendizado de máquinas atuam na aprendizagem dadas as informações adquiridas por meio das interações com o sistema. A Figura 2 exemplifica um fluxo de informação que pode ser adotado por sistemas de Ambientes Inteligentes.



**Figura 2. Fluxo de Informação e Arquitetura Geral de um Sistema de Ambiente Inteligente. Fonte: Augusto e McCullagh, 2007.**

A interação entre os ocupantes e o ambiente inteligente pode ser feita de várias formas, dando a liberdade para os desenvolvedores de AmI planejarem e criarem ambientes de maneiras diferentes. Contudo, é importante que algumas abordagens, como as citadas anteriormente, sejam seguidas, buscando sempre alcançar a excelência ao escolher as tecnologias a serem utilizadas e atingir o usuário de forma confortável.

#### **4. Ambientes Inteligentes Educacionais**

Pesquisadores de Informática na Educação acreditam que a tecnologia de Ambientes Inteligentes é uma ferramenta útil no ensino-aprendizagem de crianças e adolescentes. Segundo Jaques e Vicari (2005), psicólogos e pedagogos têm apontado como as emoções podem inferir positivamente e negativamente na aprendizagem e, dessa maneira, eles acreditam que os ambientes educacionais seriam mais pedagogicamente efetivos se eles tivessem mecanismos para mostrar e reconhecer emoções do aluno. Jaques e Vicari (2005) também dizem em seu trabalho que os trabalhos em afetividade em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem podem ser classificados em três grupos principais: reconhecimento

das emoções do usuário, expressão de emoções e síntese de emoções. As subseções a seguir explicam estes três grupos com mais detalhes.

#### **4.1. Reconhecimento das Emoções do Usuário**

Segundo os autores, observam-se quatro principais modos de reconhecimento das emoções do usuário: voz, comportamento observável, expressões faciais e sinais fisiológicos. Estes mecanismos de reconhecimento geralmente são compostos por um hardware que detecta os sinais fisiológicos e um software que é responsável por decodificar a informação enviada pelo equipamento.

As emoções também podem ser inferidas a partir do comportamento observável do aluno, ou seja, das ações do aluno na interface do ambiente inteligente educacional. A ideia é usar a informação fornecida por um modelo psicológico para construir uma interpretação de uma situação do ponto de vista do usuário e raciocinar sobre qual emoção esta interpretação leva.

Para que o sistema possa responder o usuário de forma apropriada, além de reconhecer as suas emoções, ele deve possuir um modelo afetivo do aluno. Um modelo afetivo é definido como tendo a capacidade do sistema computacional modelar os estados afetivos do usuário e deve ser dinâmico o suficiente para considerar as mudanças nos estados emocionais [Elliott et al. 1999].

Um dos primeiros trabalhos que propuseram a integração de modelo afetivo de aluno em um ambiente inteligente educacional foi o desenvolvido por Elliott et al. (1999), onde ele apresenta o uso do *framework Affective Reasoner*, ferramenta usada para projetar agentes que são responsáveis por gerar respostas emocionalmente. Esses agentes possuem pseudo-personalidades modeladas representando os objetivos individuais do agente em relação aos eventos que podem acontecer, humor, assim como um conjunto de 440 canais para expressão de emoções.

Para se comunicar com o usuário, os agentes usam canais multimídia e podem ter expressões faciais que são desenhadas em tempo real, produzindo várias formas na máquina cliente, no momento em que elas são exibidas. Para falar com o usuário, os agentes usam um sintetizador de voz, o que lhes permite construir dinamicamente as sentenças que serão faladas e também tocar músicas para aumentar a expressão de emoções. Os agentes também possuem um software de reconhecimento de voz para responder em tempo real ao usuário.

#### **4.2. Expressão de Emoções**

Vários grupos de pesquisa têm enriquecido a interface dos seus programas com personagens que exibem expressões faciais e corporais devido ao aspecto motivacional dos personagens animados. Estes agentes são conhecidos como Agentes Pedagógicos Animados e são desenvolvidos buscando alcançar uma abordagem mais humana em máquinas. Estes agentes podem ser modelados como agentes cooperativos que trabalham em *background* como parte da arquitetura de um sistema educacional ou agentes pedagógicos animados que interagem com o usuário.

No primeiro caso, os ambientes de aprendizagem são modelados e implementados de acordo com uma abordagem multiagente (uma sociedade de agentes que se comunicam

entre si), onde cada agente tem uma função específica no sistema. Estes agentes agem em *background*, ou seja, eles são transparentes ao usuário e trocam informação a fim de realizar ações que sejam apropriadas a um melhor aprendizado do aluno.

No segundo caso, os Agentes Pedagógicos Animados são agentes representados por um personagem animado que interage com o aluno. Estes agentes usam recursos de multimídia para fornecer ao usuário um personagem animado com características semelhantes àquelas de seres vivos inteligentes. Estas características, tais como, expressões faciais e entendimento das emoções humanas, juntamente com uma boa interface de diálogo com o usuário, os tornam mais atraentes ao aluno [Elliott et al. 1999]. Desta maneira, diferentemente dos sistemas convencionais, a comunicação de agentes pedagógicos animados tem uma natureza mais social.

### 4.3. Síntese de Emoções

A síntese de emoções pode ser usado não somente como uma maneira para obter comportamento racional, mas também para tornar agentes animados mais realísticos.

Como dito anteriormente, um dos primeiros trabalhos que sugeriu a modelagem de arquitetura de emoções em agentes pedagógicos foi o de Elliott et al. (1999). Ele e seus colegas propuseram o uso do *Affective Reasoner framework* para implementar emoções em um agente pedagógico animado. No *Affective Reasoner*, os agentes são capazes de gerar emoções através de um conjunto de regras que seguem o modelo OCC - modelo proposto por Ortony, Clore e Collins que segue a teoria baseada na abordagem cognitiva da emoção, explicando a origem das emoções e descrevendo os processos cognitivos que ativam cada uma delas. Esse modelo assume que as emoções podem surgir a partir da avaliação de três aspectos: eventos (a maneira pela qual as pessoas percebem as coisas que acontecem), agentes (podem ser pessoas, animais, objetos inanimados ou abstrações) e objetos (coisas vistas como objetos inanimados).

De acordo com o modelo OCC, as emoções são resultado de uma avaliação cognitiva que o agente realiza baseado em seus objetivos e princípios. Neste caso, os autores propõem um conjunto de objetivos e princípios para o agente, o qual é a base para a geração de emoções.

Outro modelo de resposta emocional é proposto por El-Nasr et al. (1999) e foi batizado de FLAME, o qual é integrado com um modelo para a geração de expressões faciais desenvolvido para a construção de agentes que são capazes de gerar e mostrar emoções credíveis em tempo real. O FLAME usa lógica difusa para representar a relação entre eventos, objetivos e emoções, com a proposta de produzir transições homogêneas entre comportamentos diferentes.

O modelo FLAME possui três componentes: um emocional, um para tomada de decisão, e um de aprendizagem. O agente percebe vários eventos no ambiente e envia esta percepção para os componentes emocional e de aprendizagem. O componente emocional avalia a relevância de cada evento e então estima um novo nível para cada variável interna do estado emocional. Como a avaliação depende da expectativa do agente e das experiências aprendidas, o componente de aprendizagem mantém associações no histórico de eventos e fornece entradas para o componente emocional. Por fim, os níveis emocionais são fusionados para produzir uma mistura coerente e um comportamento emocional

adequado é escolhido e enviado para o componente de tomada de decisão para influenciar na escolha das ações a serem realizadas.

## 5. Cidades Inteligentes

O termo Cidades Inteligentes (*Smart Cities*) refere-se a uma forma estratégica de planejamento e tomada de decisões para melhorar problemas e qualidade de vida nas cidades. Ele é geralmente relacionado ao uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TICs), ferramentas que têm o objetivo de facilitar a comunicação entre pessoas e sistemas. Nesse ambiente de Cidades Inteligentes, as TICs, assim como a Internet das Coisas e seus sensores, sistemas de informação, mobilidade com aplicações e também o uso de computação em nuvem, estão ajudando a melhorar a infraestrutura, serviços e a qualidade de vida da população nas cidades [Caragliu et al. 2011].

Ambas tecnologias são responsáveis por aumentar a eficiência das aplicações, armazenar os dados e toda informação que podem vir a ajudar na tomada de decisão para efetuar melhorias nas cidades. Com o uso dessas ferramentas, também se tornam possível efetuar coleta, processamento, distribuição e análise dos dados, ajudando e facilitando a tomada de decisão estratégica, tanto da parte governamental quanto populacional.

Com os avanços tecnológicos na comunicação e da eletrônica, as cidades já estão lotadas de sensores, que são capazes de capturar e transmitir dados de todos os tipos. Além desses sensores, existem vários dispositivos que coletam e enviam esses dados a todo momento, como os GPS, NFCs e, principalmente, os *smartphones*. Essas ferramentas vêm sendo usadas para monitoramento, planejamento e tomada de decisões, possibilitando o conceito de Cidades Inteligentes juntamente com o uso de soluções intensivas de Tecnologia de Informação e Comunicação como instrumento para deixar as cidades mais inteligentes [Hernández-Muñoz et al. 2011].

Nas cidades, alguns "domínios de interesse" são definidos. Entre eles, estão Economia, Meio ambiente, Transporte, Qualidade de Vida, entre outros. Não é possível enumerar uma lista de domínios de uma forma geral, pois essa lista pode variar de acordo com os problemas e necessidades de cada cidade: enquanto algumas cidades possuem problemas de trânsito saturado que necessitam de soluções inteligentes, outras cidades podem apresentar problemas mais prioritários em áreas de meio ambiente ou saúde pública. Em seu trabalho, Borja e Gama (2014) dizem que cada governo pode enumerar seus próprios domínios de interesse e que, no Brasil, esses domínios são transporte, educação, comunicação, saúde, água e segurança.

No ambiente de Sistemas de Informação Geográfica, área de grande importância para o domínio de Transporte, é possível exemplificar a situação dita anteriormente de forma simples: com o uso de TICs, hoje facilmente acessíveis, as pessoas acabam se tornando participantes ativos, consumidores e conseqüentemente geradores de dados que podem ser usados na elaboração de uma Cidade Inteligente. O *Waze*, por exemplo, é um aplicativo para *smartphones* que permite que os usuários mapeiem e informem a situação do tráfego nas cidades, ajudando outros usuários para que possam escolher melhores rotas até o seu destino.

Devido ao fato de existirem vários domínios e um elevado número de ferramentas e tecnologias que podem ser usadas para uma cidade se "tornar" inteligente, a criação de



uma solução que possa abranger todos os domínios é complicada. Em seu trabalho, Gama et al. (2012) apresentam um modelo gradual dividido em cinco níveis de maturidade e uma motivação para usar o Modelo de Maturidade Tecnológica. Com esses níveis, é possível se ter uma noção de como uma cidade pode iniciar sua caminhada para se tornar uma Cidade Inteligente.

O primeiro nível é chamado de "Caótico". É o nível onde a cidade não usa nenhuma ferramenta para ajudar em seu gerenciamento. Podem existir dados ocasionados por serviços para população, pelo uso de algum aplicativo que gere dados em tempo real ou por redes sociais, porém os órgãos governamentais não fazem uso desses dados para observar comportamentos e construir soluções.

No segundo nível, nomeado pelo autor como "Inicial", está a fase de planejamento e modelagem de soluções. Essa é uma fase onde serão feitas pesquisas para encontrar sistemas que possam ser utilizados para integrar soluções, selecionar sistemas de informação que podem ajudar em certo domínio e auxiliem na solução dos mesmos. Nesse nível, pode-se começar a utilizar sensores dentro da cidade para que haja a captura de dados, introduzindo o conceito de Internet das Coisas.

O terceiro nível é chamado de "Gerenciado". Nesse nível, os dados coletados começam a gerar informações que devem ser gerenciadas pelas cidades. A partir desses dados, a cidade pode, por exemplo, coletar dados como "quantidade de energia elétrica gasta pela cidade", gerando informação útil para que os governantes possam localizar os locais com maior consumo de energia e desenvolver soluções para reduzir esses gastos. Técnicas desse nível podem funcionar para o tráfego, criminalidade, previsão de tragédias climáticas e vários outros domínios.

O quarto nível é o "Integrado". Aqui as Cidades Inteligentes têm seus sistemas utilizando o modelo de Computação em Nuvem integrado e de livre acesso para governantes, empresários, pesquisadores e cidadãos comuns. Todas as pessoas têm um papel ativo nesse nível, alimentando a nuvem com dados por meio de seus aplicativos e dispositivos móveis. Nessa fase, o uso de Computação Ubíqua e Autônoma é essencial.

Por último, o nível "Otimizado". Neste nível entram em funcionamento os sistemas de apoio a tomada de decisão para auxiliar nas decisões que devem ser realizadas dentro das cidades. Aqui, com os dados necessários coletados, o uso correto das informações pode ajudar prever eventos de domínio climático ou criminalístico. O suporte para tomada de decisão é tanto para os cidadãos quanto para os governantes da cidade.

A Figura 3 exemplifica como são divididos os cinco níveis.

É importante salientar que o desenvolvimento de uma Cidade Inteligente só é possível a partir da integração de dispositivos variados que devem ser capazes de coletar dados e armazená-los em tecnologias de Computação em Nuvem [Gama et al. 2012].

Vale ressaltar que a população tem um envolvimento colaborativo no fornecimento de informações em vários dos domínios, além de que é por sua parte que deve ser feita a avaliação dos resultados obtidos. Em boa parte dos casos, a população tem grande influência nos resultados das decisões que o governo tomar, porém o comprometimento governamental é um fator fundamental para alcançar altos níveis de maturidade.



**Figura 3. Níveis de maturidade tecnológica de cidades inteligentes. Fonte: [Gama et al. 2012]**

## 6. Desafios

Para que seja possível desenvolver tais sistemas, é necessário que haja excelência ao planejar e produzir os vários componentes que irão construir o ambiente. As áreas de pesquisa e desenvolvimento estão levando a níveis cada vez maiores de integração de dispositivos e funções dos componentes, e isso causa algumas implicações: por um lado, essa integração está levando à absorção de um número crescente de funções nos componentes para que um sistema seja construído com cada vez menos componentes. Por outro lado, significa que um número cada vez maior de funções diferentes precisam ser integrados em um só componente, aumentando a complexidade de seu design e fabricação.

A incorporação de recursos de computação e rede em vários objetos e ambientes, como pode ser antecipado a partir da visão AmI, resulta em formas de computação distribuídas e em tempo real que colocam demandas novas e severas em dispositivos micro-optoeletrônicos em termos de funcionalidade, design, potência, robustez, comunicação sem fio e também custo.

Mais mobilidade, menor consumo de energia, mais desempenho, menor tamanho e peso, menor custo, alta confiabilidade, maior flexibilidade e onipresença até agora foram alcançados com menor *downscaling* (miniaturização). No entanto, estamos chegando a um estágio de desenvolvimento onde uma maior escala criará efeitos opostos, como o aumento do consumo de energia no modo de espera e as restrições de desempenho no modo ativo [Lindwer et al. 2003].

No nível de nano-escala, o progresso geral só pode ser alcançado se novos dispositivos puderem ser projetados, fabricados e integrados em arquiteturas gerais do sistema. Isso requer conhecimentos interdisciplinares cada vez mais raros, ou seja, a contribuição de muitas áreas da ciência e técnicas. Este será um grande desafio na realização da paisagem AmI.

Além desses desafios, no caso das Cidades Inteligentes é preciso tornar as tecnologias mais acessíveis. Enquanto alguns métodos já são, como aplicativos para celulares que geram dados compartilhados, outros ainda têm maiores custos de desenvolvimento e distribuição, tornando a implantação desses métodos algo que ainda não consegue ser realizado completamente.

## 7. Conclusão

O desenvolvimento de ambientes totalmente inteligentes, que proporcionem interação, comodidade, facilidade e qualidade para seus usuários é um sonho que tem caminhado para a realidade e são grandes paradigmas que implicarão como será o desenvolvimento das vidas futuras. Ambientes saudáveis, criativos e até mesmo sustentáveis poderão ser desenvolvidos, implantados e irão proporcionar grandes avanços para indivíduos e sociedades.

Com o agrupamento de algumas áreas de pesquisa, tem sido possível fazer com que a interação humano-ambiente de forma inteligente ocorra. Não irá demorar muito até que casas, escolas, escritórios, metrô e vários outros ambientes fiquem cheios de sensores, microfones, câmeras e dispositivos que visam ajudar na execução de tarefas cotidianas.

Assim como qualquer nova tecnologia, os AmI também possuem seus desafios em todos os níveis, desde o planejamento até desenvolvimento e implantação, o que acaba gerando uma grande e forte linha de pesquisa sobre o assunto e não só sobre ele, mas também em todas as outras áreas de pesquisa que se agrupam para tornar essa tecnologia uma realidade.

Em casos como os de Ambientes Inteligentes Educacionais e Cidades Inteligentes, vários benefícios podem ser alcançados. Imagine escolas totalmente automatizadas onde alunos e professores são capazes de interagir com o local e aprender ou ensinar de uma maneira mais dinâmica; situações de trânsito otimizado; consumo de água e energia reduzido; previsões climáticas mais precisas e tudo isso com a ajuda mútua entre os habitantes dessa cidade. Ideias como essas são o que movimentam pesquisadores e desenvolvedores dessa tecnologia continuarem a desenvolver e pesquisar cada vez mais.

Os objetivos deste trabalho foram levantar os principais tópicos que compõem a definição de Ambientes Inteligentes, suas interações com várias áreas de conhecimento e também discorrer sobre as Cidades Inteligentes.

É fato que os Ambientes Inteligentes são um grande passo para o futuro - um futuro já não tão distante e com grande potencial de desenvolvimento.

## Referências

- Augusto, J. C. and McCullagh, P. (2007). Ambient intelligence: Concepts and applications. *Computer Science and Information Systems*, 4(1):1–27.
- Borja, R. and Gama, K. (2014). Middleware para cidades inteligentes baseado em um barramento de serviços. *X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, 1:584–590.
- Caragliu, A., Del Bo, C., and Nijkamp, P. (2011). Smart cities in europe. *Journal of urban technology*, 18(2):65–82.
- Doctor, F., Iqbal, R., and Naguib, R. N. (2014). A fuzzy ambient intelligent agents approach for monitoring disease progression of dementia patients. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 5(1):147–158.

- Ducatel, K., Bogdanowicz, M., Scapolo, F., Leijten, J., and Burgelman, J.-C. (2001). Scenarios for ambient intelligence in 2010. *Office for official publications of the European Communities*.
- El-Nasr, M. S., Ioerger, T. R., and Yen, J. (1999). A web of emotions.
- Elliott, C., Rickel, J., and Lester, J. (1999). Lifelike pedagogical agents and affective computing: An exploratory synthesis. In *Artificial intelligence today*, pages 195–211. Springer.
- Gama, K., Alvaro, A., and Peixoto, E. (2012). Em direção a um modelo de maturidade tecnológica para cidades inteligentes. *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, VIII*.
- Hernández-Muñoz, J. M., Vercher, J. B., Muñoz, L., Galache, J. A., Presser, M., Gómez, L. A. H., and Pettersson, J. (2011). Smart cities at the forefront of the future internet. In *The Future Internet Assembly*, pages 447–462. Springer.
- Jaques, P. A. and Vicari, R. M. (2005). Estado da arte em ambientes inteligentes de aprendizagem que consideram a afetividade do aluno. *Revista informática na educação: teoria & prática*, 8(1):15–38.
- Lindwer, M., Marculescu, D., Basten, T., Zimmermann, R., Marculescu, R., Jung, S., and Cantatore, E. (2003). Ambient intelligence visions and achievements: linking abstract ideas to real-world concepts. In *Proceedings of the conference on Design, Automation and Test in Europe-Volume 1*, page 10010. IEEE Computer Society.
- Mohamed, M. A. and Salem, A.-B. M. (2014). The role of ambient intelligent technology for improving the life quality of elderly. *Egyptian Computer Science Journal*, 38(1):71–78.
- Moseley, R. (2017). Creating an ambient intelligence network using insight and merged reality technologies. *Computing Conference, London, United Kingdom*.
- Perozzo, R. F. and Pereira, C. E. (2007). Ambientes inteligentes: Uma arquitetura para cenários de automação predial/residencial baseada em experiências. *Encontro de TI e Comunicação na Construção Civil, POA, 7f*.
- Ramos, C., Augusto, J. C., and Shapiro, D. (2008). Ambient intelligence – the next step for artificial intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2):15–18.