

Internet das Coisas como instrumento para o ensino e aprendizagem

Venilton Falvo Júnior

Qualificação de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional (PPG-CCMC)

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Venilton Falvo Júnior

Internet das Coisas como instrumento para o ensino e aprendizagem



Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, para o Exame de Qualificação, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional.

Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientadora: Profa. Dra. Ellen Francine Barbosa

USP – São Carlos
Fevereiro de 2019

Venilton Falvo Júnior

Internet of Things as a teaching and learning tool

Monograph submitted to the Institute of Mathematics and Computer Sciences – ICMC-USP, as part of the qualifying exam requisites of the of the Doctorate Program in Computer Science and Computational Mathematics.

Concentration Area: Computer Science and Computational Mathematics

Advisor: Profa. Dra. Ellen Francine Barbosa

USP – São Carlos
February 2019

RESUMO

FALVOJR, V. **Internet das Coisas como instrumento para o ensino e aprendizagem**. 2019. 43 p. Monografia (Doutorado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2019.

A popularização da computação ubíqua em todas as camadas sociais tem motivado o desenvolvimento de aplicações educacionais cada vez mais flexíveis e interessantes. Nesse sentido, o conceito de Internet das Coisas (IoT) aplicado a Aprendizagem Móvel pode maximizar a eficiência do ensino. Entretanto, ainda existem inúmeros desafios relacionados a padrões pedagógicos e arquiteturais que devem ser explorados. Para isso, propomos a definição de diretrizes que apoiem o desenvolvimento de aplicações educacionais móveis baseadas em IoT. A partir desse arcabouço, uma solução concreta será implementado, visando a avaliação das diretrizes e seu respectivo produto em um domínio pré estabelecido.

Palavras-chave: Internet das Coisas, IoT, Learning, Teaching.

ABSTRACT

FALVOJR, V. **Internet of Things as a teaching and learning tool**. 2019. 43 p. Monografia (Doutorado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2019.

TODO

Keywords: Internet of Things, IoT, Learning, Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modalidades de ensino agrupadas. Adaptado de Georgiev, Georgieva e Smrikarov (2004) e Lopez <i>et al.</i> (2007)	20
Figura 2 – Aspectos de interação da aprendizagem móvel (KOOLE, 2009).	22
Figura 3 – Tecnologias de conexão móveis globalmente (ITU, 2018).	22
Figura 4 – IoT é resultado da convergência de diferentes visões (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).	24
Figura 5 – Número global de dispositivos conectados (LUETH, 2018).	24
Figura 6 – Conexões ativas globalmente em dispositivos IoT (LUETH, 2018).	25
Figura 7 – IoT: domínios de aplicação e cenários mais relevantes (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).	26
Figura 8 – Processo de Mapeamento Sistemático. Adaptado de Nakagawa, Feitosa e Felizardo (2010).	30
Figura 9 – Tabela de notas do aluno.	38

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contexto e Motivação	15
1.2	Objetivos	16
1.3	Organização	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Considerações Iniciais	19
2.2	Aprendizagem Móvel	19
2.3	Internet das Coisas	23
2.4	Considerações Finais	27
3	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	29
3.1	Considerações iniciais	29
3.2	Mapeamento sistemático	30
3.2.1	<i>Planejamento</i>	<i>30</i>
3.2.1.1	<i>Questões de pesquisa</i>	<i>31</i>
3.2.1.2	<i>Estratégias de busca</i>	<i>31</i>
3.2.1.3	<i>Critérios de inclusão e exclusão</i>	<i>33</i>
3.3	Considerações finais	33
4	PROPOSTA DE TRABALHO	35
4.1	Caracterização da pesquisa	35
4.2	Atividades e cronograma	36
4.3	Resultados esperados	38
	REFERÊNCIAS	41

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e Motivação

Segundo a União Internacional de Telecomunicações (ITU), agência especializada nas chamadas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), pela primeira vez na história, mais da metade da população mundial têm acesso à Internet, o equivalente a 3,9 bilhões de pessoas (ITU, 2018). Cronologicamente, o acesso individual à rede subiu de 15.8% em 2005 para 51.2% em 2018, um aumento expressivo que demonstra uma forte tendência para um mundo totalmente **conectado**.

Nesse contexto, a Internet das Coisas (ou IoT, sigla da expressão em inglês *Internet of Things*) é uma TIC que tem como premissa conectar objetos (físicos ou virtuais) à Internet. Ou seja, a IoT é um conceito capaz de unir o real e o virtual, provendo inteligência para a tomada de decisão em diferentes segmentos da sociedade (DIAS, 2016). Com isso, muitas organizações estão usando a IoT como uma ferramenta para atuar com mais eficiência e compreender melhor seus usuários.



Segundo dados da consultoria norte-americana Gartner, até 2020 **haverão** mais de 26 bilhões de objetos conectados no mundo, gerando trilhões de dólares em valor comercial (HEIDT, 2016). Nesse sentido, os dispositivos portáteis contribuirão consideravelmente para essa estatística. Um indício disso é a atual popularização desses dispositivos, em especial dos *smartphones*, que permitem que a IoT atinja ambientes nos quais os computadores convencionais ainda são escassos (OLIVEIRA, 2017; DIAS, 2016).

Em um contexto mais abrangente, a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) destacou, entre outros benefícios, que as TIC contribuem para “a qualidade de ensino e aprendizagem, o desenvolvimento profissional de professores, bem como [podem] melhorar a gestão, a governança e a administração educacional ao fornecer a mistura certa e organizada de políticas, tecnologias e capacidades” (WEST; VOSLOO, 2013).

Diante desse cenário, à medida que as tecnologias móveis se aplicam no contexto educacional, os professores tornam-se peças-chave para o sucesso das TIC no ensino e na aprendizagem. Nesse contexto, a Aprendizagem Móvel apresenta atributos exclusivos, se comparada à aprendizagem tecnológica convencional: ela é pessoal, portátil, colaborativa, interativa, contextual e situada; ela enfatiza a “aprendizagem instantânea”, já que a interação pode ocorrer em qualquer lugar e a qualquer momento. Além disso, ela pode servir de apoio às aprendizagens formal e informal, tendo assim um enorme potencial para transformar a forma de se oferecer educação e treinamento (WEST; VOSLOO, 2013).

A Aprendizagem Móvel tem gerado grande expectativa na educação de modo geral, pois proporciona benefícios relativos à flexibilidade de ensino e aprendizagem, podendo adaptar-se em relação ao espaço e tempo de utilização (SARRAB, 2013; SHARPLES *et al.*, 2009; KUKULSKA-HULME; SHARPLES, 2016). Em razão dessa maleabilidade e adaptação, a Aprendizagem Móvel também tem possibilitado democratizar o acesso à educação e, nesse contexto, destacam-se as aplicações educacionais móveis.

O presente projeto doutorado visa explorar as TIC supracitadas, beneficiando-se do cenário extremamente favorável ao conceito de IoT com a versatilidade e onipresença dos dispositivos móveis. Com isso, espera-se flexibilizar ainda mais o ambiente de ensino e aprendizagem, possibilitando uma interação mais natural entre objetos e indivíduos, além de prover insumos para a evolução das abordagens pedagógicas existentes.

Com base nos conceitos apresentados, pretende-se definir uma plataforma de ensino que relacione Aprendizagem Móvel com IoT, buscando maximizar o impacto das aplicações educacionais móveis a partir das inovações tecnológicas providas pelo conceito de IoT. Assim, algumas das motivações que levaram aos objetivos deste projeto são apresentadas na seção a seguir.

1.2 Objetivos

Considerando o contexto apresentado, é nítida a oportunidade de explorar toda a potencialidade das TIC, que são intrínsecas ao cotidiano da sociedade contemporânea. Essas tendências estão crescendo rapidamente e, conseqüentemente, apresentando novas possibilidades e desafios para o desenvolvimento de soluções.

Sendo assim, este projeto tem como objetivo primário o estabelecimento de um ecossistema de Aprendizagem Móvel baseado em tecnologias IoT. Vale a pena ressaltar que o ambiente em questão atenderá a um domínio específico de usuários, o qual ainda será devidamente avaliado e definido.

Com base nesse objetivo geral, foram estabelecidos alguns objetivos específicos, que apresentam em detalhes algumas das atividades e insumos planejados por esta pesquisa:

1. Investigar como os conceitos de IoT e Aprendizagem Móvel estão sendo relacionados na academia e na indústria;
2. Identificar quais práticas pedagógicas já existentes podem ser utilizadas e/ou adaptadas para viabilizar a integração da IoT no contexto educacional;
3. Identificar quais práticas arquiteturais e tecnológicas já existentes podem ser utilizadas e/ou adaptadas para fomentar o uso de aplicações educacionais móveis como agentes em uma solução baseada em IoT;
4. Verificar como práticas pedagógicas estão sendo utilizadas no desenvolvimento e avaliação de aplicações educacionais móveis;
5. Verificar como práticas arquiteturais e tecnológicas estão sendo utilizadas no desenvolvimento e avaliação de soluções baseadas em IoT;
6. Investigar e identificar quais são as estratégias e práticas pedagógicas mais adequadas para promover e aplicar a IoT no contexto educacional;
7. Propor um conjunto de práticas pedagógicas que auxilie na criação de um ambiente de ensino propenso para a inclusão de aplicações educacionais móveis como objetos de uma solução baseada em IoT;
8. Propor um arcabouço arquitetural e tecnológico que auxilie na criação de soluções baseadas em IoT com foco na interoperabilidade, segurança e padrões;
9. Com base no delineamento pedagógico e arquitetural proposto, implementar uma solução que integre os conceitos de IoT e Aprendizagem Móvel;
10. Avaliar a solução proposta com base na opinião dos usuários finais e de especialistas nas áreas de educação, sistemas embarcados, robótica e engenharia de software.

Os objetivos apresentados buscam responder à seguinte questão de pesquisa: Como a IoT pode ser aplicada na Aprendizagem Móvel visando auxiliar/facilitar a tomada de decisão e otimização no processo de ensino?

1.3 Organização

Neste capítulo foi apresentado o contexto geral ao qual este trabalho de doutorado está inserido, além das motivações e justificativas para o seu desenvolvimento e os objetivos almejados para sua conclusão.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que embasa este projeto, abordando os dois principais conceitos: IoT e Aprendizagem Móvel.

O Capítulo 3 apresenta uma proposta de Mapeamento Sistemático, com o objetivo de obter uma visão geral sobre o cenário atual de pesquisas envolvendo temáticas que relacionem IoT e Aprendizagem Móvel.

O Capítulo 4 apresenta a proposta de trabalho para este doutorado, abordando a caracterização da pesquisa, atividades previstas, cronograma, procedimentos metodológicos, resultados esperados e alguns *insights* relacionando à proposta de trabalho.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo é apresentado um levantamento bibliográfico sobre os principais conceitos teóricos que fundamentam este projeto. A Seção 2.2 apresenta algumas modalidades de ensino que emergiram com o surgimento de novas TIC. Nesse sentido, a modalidade que explora a Aprendizagem Móvel (*M-Learning*) é apresentada em detalhes. Adicionalmente, na Seção 2.3, o conceito de IoT é fundamentado, apresentando suas principais características e aplicações.

2.2 Aprendizagem Móvel

A educação e a busca por conhecimento representam, cada vez mais, um diferencial competitivo no complexo mercado de trabalho contemporâneo. Esse cenário, associado ao rápido crescimento das TIC, tem favorecido o surgimento de novas modalidades de ensino, proporcionando alternativas mais adequadas ao contexto atual da sociedade (KUKULSKA-HULME; TRAXLER, 2005; CASTRILLO; MARTÍN-MONJE; BÁRCENA, 2014).

Neste cenário, o *D-Learning* (*Distance Learning*) tem emergido como a modalidade que engloba qualquer tipo de ensino não presencial, conhecido no Brasil como ensino a distância. Já o *E-Learning* (*Electronic Learning*) representa o ensino apoiado por tecnologias eletrônicas (KEEGAN, 2005). Essa modalidade, usualmente chamada de Aprendizagem Eletrônica, pode oferecer mecanismos para o ensino a distância baseados em computadores e tecnologias de rede.

Segundo Castrillo, Martín-Monje e Bárcena (2014), com uma sociedade “em movimento” e constantemente conectada graças à sofisticação de seus dispositivos móveis e da velocidade de suas redes sem fio, é natural que *tablets*, PC (*Personal Computers*), *smartphones* e *smart TVs* também sejam utilizados na educação. Desta forma, com o advento e evolução das TIC, juntamente com a computação ubíqua, é possível identificar duas novas modalidades de ensino:

(i) uma baseada no uso de dispositivos móveis, denominada *Mobile Learning* (*M-Learning*); e (ii) outra a partir de TVs digitais e interativas, chamada *T-Learning* (KEEGAN, 2005; TRAXLER, 2009; LOPEZ *et al.*, 2007).

Com o objetivo de representar as modalidades de ensino fundamentadas anteriormente, (GEORGIEV; GEORGIEVA; SMRIKAROV, 2004) e (LOPEZ *et al.*, 2007) propõem uma hierarquia a partir do *D-Learning*. Na visão dos autores o *D-Learning* engloba qualquer tipo de ensino não presencial, o que inclui o *E-Learning* e suas sub-modalidades *M-Learning* e *T-Learning* (Figura 1).

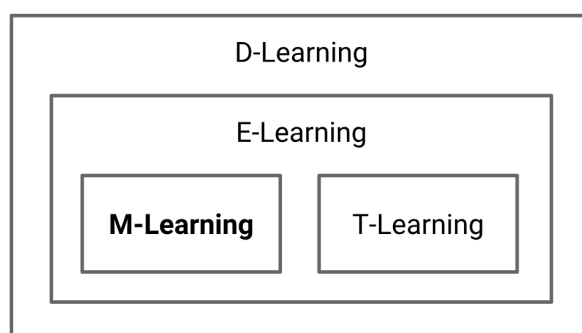


Figura 1 – Modalidades de ensino agrupadas. Adaptado de Georgiev, Georgieva e Smrikarov (2004) e Lopez *et al.* (2007)

No contexto deste projeto, o *M-Learning* foi priorizado em detrimento às outras modalidades de ensino, visto que suas características possibilitam uma interação mais autêntica e natural com o conceito de IoT. Segundo Dias (2016), os *smartphones* são objetos IoT muito flexíveis, pois possuem diversos sensores embarcados em um único equipamento. Por isso, essa modalidade de ensino demonstra ser mais adequada ao contexto proposto e será descrita em maiores detalhes.

Como acontece com muitos paradigmas emergentes, há diversas definições relacionadas ao *M-Learning*. Srivastava e Gulati (2014) definem essa modalidade como qualquer tipo de ensino ou aprendizagem que ocorre quando o aluno não está em algum lugar determinado ou fixo, ou quando o indivíduo aproveita-se de oportunidades de aprendizagem disponibilizadas pelas tecnologias móveis, associando assim os conceitos tecnológicos e de mobilidade.

Segundo West e Vosloo (2013), *M-Learning* envolve a utilização da tecnologia móvel, isoladamente ou em combinação com outras TIC, para permitir a aprendizagem a qualquer hora e em qualquer lugar. Nesse contexto, as pessoas podem usar seus dispositivos móveis para acessar ou compartilhar recursos educacionais, além de poderem conectar-se a outros usuários e/ou dispositivos.

Em uma definição alternativa, o *M-Learning* pode ser considerado como todo aprendizado sustentado por dispositivos móveis, que possuem sua própria fonte de energia e que podem ser utilizados onde não haja acesso a conexões de rede física (DRISCOLL; CARLINER, 2005).

Desta forma, não existe a exigência de utilização de redes sem fio, pois o dispositivo pode oferecer o conteúdo educacional armazenado em seu hardware, possibilitando o aprendizado móvel *offline*.

Kukulska-Hulme e Traxler (2005), por sua vez, discutem algumas implicações relacionadas à mobilidade e experiência de aprendizagem proporcionadas por aplicações *M-Learning*. Na interpretação de (CASTRILLO; MARTÍN-MONJE; BÁRCENA, 2014), os autores enfatizam a quebra de paradigma relacionada a esta modalidade de ensino, fazendo com que a tradicional educação presencial seja flexibilizada, tornando-se cada vez mais versátil.

Segundo Traxler (2009), o termo móvel não é apenas uma qualificação para o atemporal conceito de aprendizado, a Aprendizagem Móvel está emergindo como um conceito inteiramente novo e distinto, junto a uma força de trabalho móvel e a uma sociedade conectada. Os dispositivos móveis não criam apenas uma nova forma de acesso ao conhecimento, mas também novas alternativas para sua criação e compartilhamento. Nesse sentido, a Aprendizagem Móvel não diz respeito somente à mobilidade ou à aprendizagem, mas sim como parte de uma nova concepção da sociedade móvel.

Nesse sentido, atualmente grande parte dos alunos e professores dispõe de dispositivos móveis, corroborando para o desenvolvimento de aplicações *M-Learning*. De acordo com (O'MALLEY *et al.*, 2003), no âmbito social existe a necessidade de aprender em horários e locais diversos, assim como aproveitar os momentos de deslocamento, como uma viagem, ou a ida ao trabalho, além da comodidade de poder utilizar o sistema onde e quando quiser.

Considerando a mobilidade do ponto de vista do aluno, pode-se argumentar que a Aprendizagem Móvel independe de variáveis como tempo e espaço. Por exemplo, alunos podem fazer a revisão de um exame a caminho da instituição de ensino, médicos podem atualizar seus conhecimentos em rondas hospitalares, estudantes de línguas podem melhorar sua proficiência enquanto viajam, entre outros. Tais exemplos de aprendizagem formal ou informal ocorrem enquanto as pessoas estão em movimento, tendo em vista a onipresença dos dispositivos móveis atualmente (O'MALLEY *et al.*, 2003).

Koole (2009) afirma que os alunos podem consumir e criar informações através da Aprendizagem Móvel. A partir de suas capacidades tecnológicas, podemos prover informações relevantes em diferentes aspectos. Nesse sentido, o *M-Learning* (interseção primária – DLS) possui intrinsecamente três aspectos fundamentais: usabilidade dos dispositivos, interações de aprendizagem e tecnologias sociais (Figura 2).

De modo geral, o domínio das aplicações educacionais móveis vem se mostrando cada vez mais relevante às características atuais da sociedade. Por se tratar de um conceito relativamente novo e que ganhou força com as evoluções tecnológicas contemporâneas, o *M-Learning* surge como uma linha de pesquisa atrativa devido à carência de metodologias e ferramentas que apoiem sua adoção em larga escala.

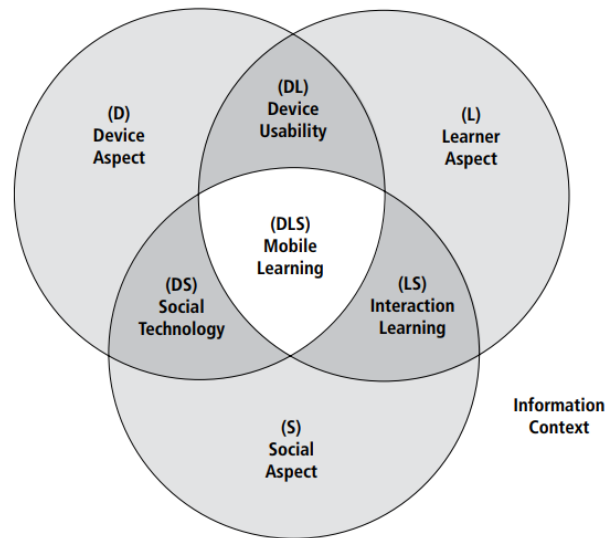


Figura 2 – Aspectos de interação da aprendizagem móvel (KOOLE, 2009).

De acordo com a ITU (2018), quase toda a população mundial, cerca de 96%, vive ao alcance de uma rede celular móvel. Além disso, como dito anteriormente, mais da metade dessas pessoas (51,2%) possui acesso individual à Internet (Figura 3). Isso sugere que, inclusive em regiões menos favorecidas, a criação de soluções *M-Learning* baseadas em TIC modernas, como a IoT, é indiscutivelmente plausível.

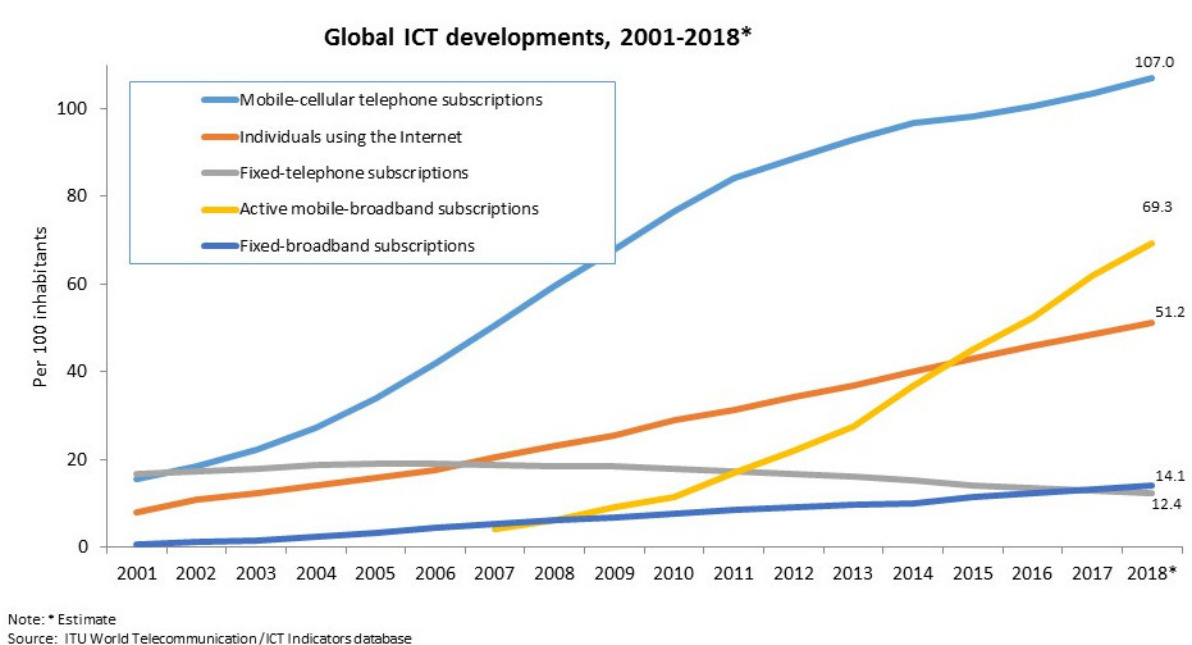


Figura 3 – Tecnologias de conexão móveis globalmente (ITU, 2018).

Com o objetivo de contribuir nesse cenário, este projeto propõe a interação entre aprendizagem móvel e IoT para a criação de uma plataforma de ensino direcionada às tendências tecnológicas atuais. A próxima seção apresenta uma visão geral sobre conceito de IoT.

2.3 Internet das Coisas



O conceito de Internet das Coisas (IoT), se refere a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar itens do cotidiano à Web. A cada dia surgem mais objetos conectados à Internet e a outros dispositivos, como computadores e *smartphones*. Atualmente é bastante comum encontrar maçanetas, luzes, eletrodomésticos e até mesmo roupas inseridas nesse contexto.

A ideia de conectar objetos é discutida desde 1991, quando a conexão TCP/IP e a Internet que conhecemos hoje começou a se popularizar (STEVENS, 1993). Em 1999, Kevin Ashton propôs o termo “Internet das Coisas” e dez anos depois escreveu o artigo “*That ‘Internet of Things’ Thing*” (ASHTON, 2009). De acordo com Ashton (2009), atualmente os computadores – e, portanto, a Internet – são quase totalmente dependentes de seres humanos para o armazenamento de informações, que em grande parte das vezes são irrelevantes.

A limitação de tempo e da rotina dificulta fazer com que as pessoas se conectem à Internet de outras maneiras. Segundo Ashton (2009), será possível acumular dados do movimento de nossos corpos com uma precisão muito maior do que as informações de hoje. Através da análise desses dados, poderemos antever, otimizar e, conseqüentemente, economizar recursos naturais e energéticos. Para Ashton (2009), essa revolução será maior do que o próprio desenvolvimento do mundo *online* que conhecemos atualmente.

Em uma análise mais ampla, segundo Atzori, Iera e Morabito (2010), as palavras “Internet” e “Coisas”, quando juntas, assumem um significado que introduz um nível disruptivo de inovação no mundo atual das TIC. De fato, IoT semanticamente significa “uma rede mundial de objetos interconectados exclusivamente endereçáveis, baseada em protocolos de comunicação padrão”. Isso implica em um grande número de objetos (heterogêneos) envolvidos no processo.

Considerando então a interpretação isolada dos termos, Atzori, Iera e Morabito (2010) definem duas visões iniciais relacionadas ao conceito de IoT, uma “Orientada a Internet” e outra “Orientada a Coisas”. Na opinião dos autores a orientação dependerá das especialidades, interesses e maturidade do ambiente em que a tecnologia IoT está sendo aplicada.

Adicionalmente, o endereçamento único dos objetos e a representação/armazenamento das informações tornam questões desafiadoras, o que caracteriza a terceira visão da IoT, denominada “Orientada a Semântica” (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Tal perspectiva está diretamente relacionada à inteligência aplicada aos dados do domínio, técnica comumente chamada de BI (*Business Intelligence*).

Na Figura 4, os principais conceitos, tecnologias e padrões são destacados e classificados entre as perspectivas de aplicação relacionadas a IoT. Atzori, Iera e Morabito (2010) definem, a partir de tal ilustração, que o paradigma da IoT é o resultado da convergência das três visões supracitadas. Com isso, temos uma definição mais robusta e abrangente relacionada a TIC em questão.

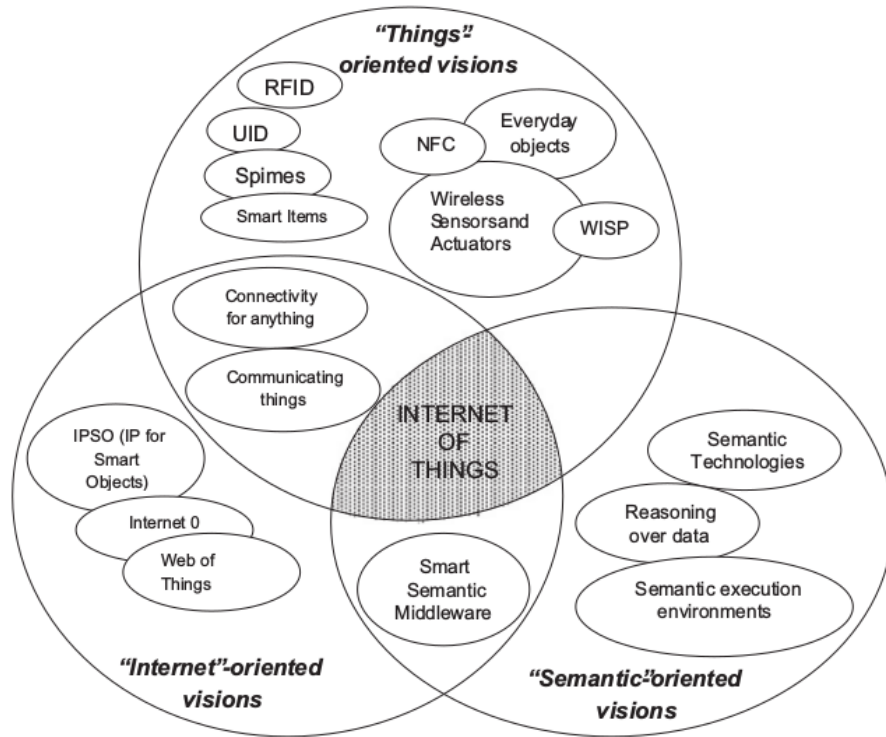


Figura 4 – IoT é resultado da convergência de diferentes visões (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Segundo Lueth (2018), CEO da IoT Analytics¹, o número de dispositivos conectados em 2018 ultrapassou os 17 bilhões, dos quais 7 bilhões são dispositivos IoT (Figura 6). Nesse sentido, vale destacar que *smartphones*, tablets, laptops e outros equipamentos perfeitamente adaptáveis não foram considerados como dispositivos IoT, mesmo podendo ser explorados nesse contexto.

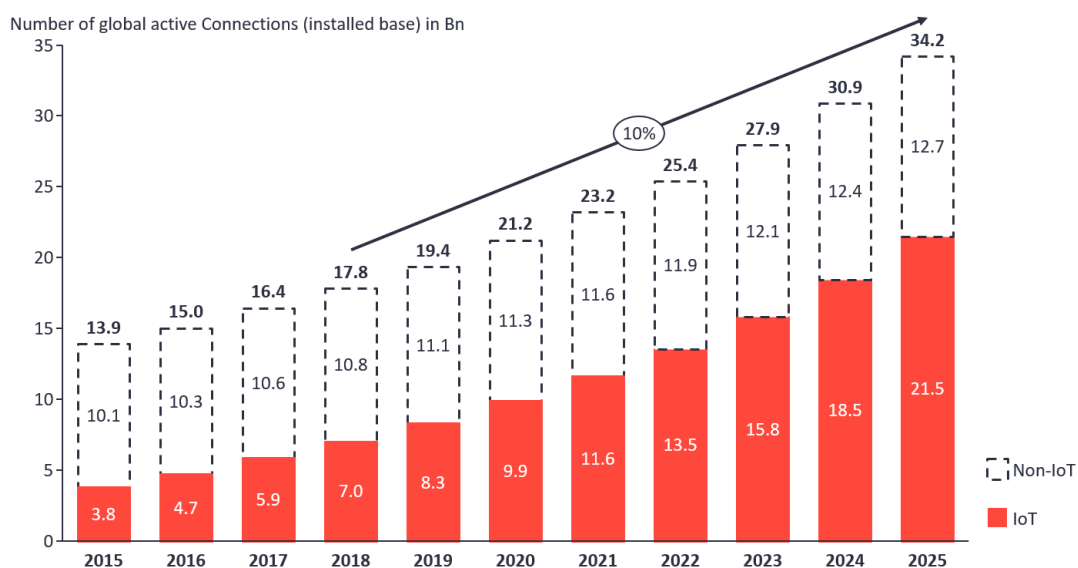


Figura 5 – Número global de dispositivos conectados (LUETH, 2018).

¹ Empresa especializada na análise dos mercados de IoT e Indústria 4.0.

Analisando a [Figura 5](#) é possível notar uma estimativa crescente tanto na quantidade total de dispositivos conectados quanto na proporção de objetos IoT considerando esse montante. Nesse sentido, a partir de 2021 os dispositivos IoT terão mais proporção que todos os outros equipamentos conectados à Internet no mundo.

Sendo assim, o crescimento da conectividade global será impulsionado principalmente por dispositivos IoT – tanto no contexto pessoal/doméstico quanto no corporativo. De acordo com [Lueth \(2018\)](#), estima-se que o número de dispositivos de IoT ativos aumente para 10 bilhões até 2020 e 21.5 bilhões até 2025 (Figuras 5 e 6). Com isso, teríamos um aumento médio anual projetado de 17%, além de novas alternativas para conexão dos dispositivos IoT se consolidando durante esse período ([Figura 6](#)).

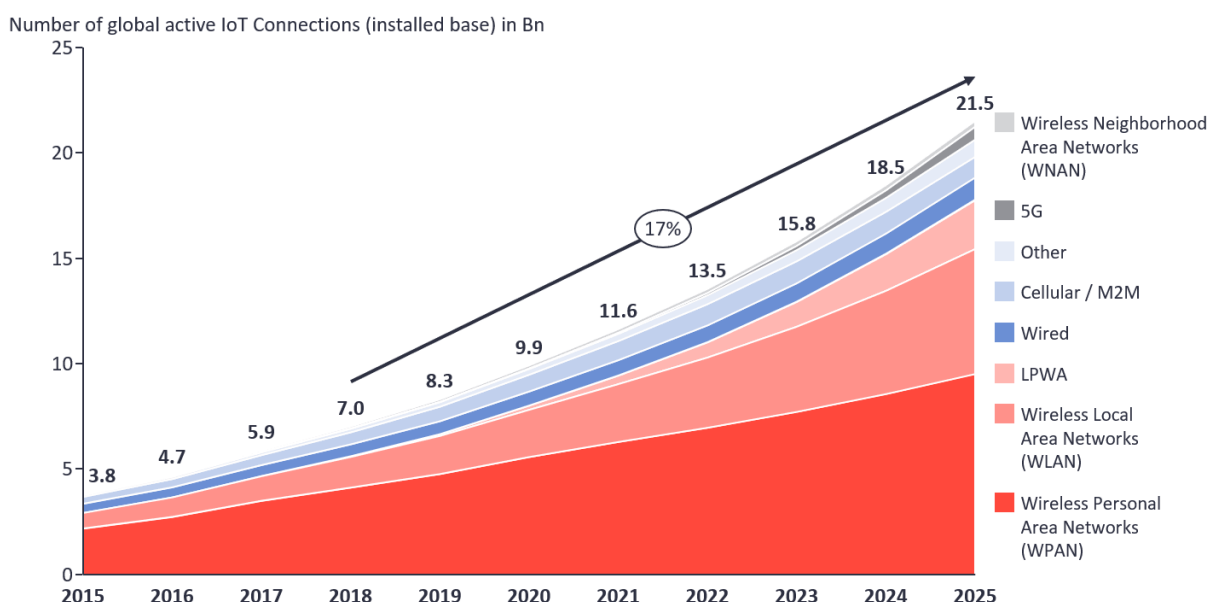


Figura 6 – Conexões ativas globalmente em dispositivos IoT ([LUETH, 2018](#)).

Através dessas informações é possível concluir que expansão da tecnologia IoT está fortemente relacionada a popularização massiva da Internet, permitindo assim o uso dessa TIC em diferentes domínios de aplicação. Nesse contexto, [Atzori, Iera e Morabito \(2010\)](#) representam alguns dos principais cenários através da [Figura 7](#). Com isso, é possível ter uma visão geral das áreas onde a IoT já possui demasiada notoriedade.

Segundo [Atzori, Iera e Morabito \(2010\)](#), podemos classificar as soluções IoT em as diretamente aplicáveis (próximas do nosso cotidiano atual) e as futuristas, que só podemos imaginar no momento, uma vez que as tecnologias e/ou sociedade não estão prontas para sua implantação imediata.

Tais domínios de aplicação fornecem uma visão geral do estado da prática e do estado da arte considerando o conceito de IoT. Para isso, [Atzori, Iera e Morabito \(2010\)](#) descrevem detalhadamente cada vertente, as quais são sumarizadas a seguir:

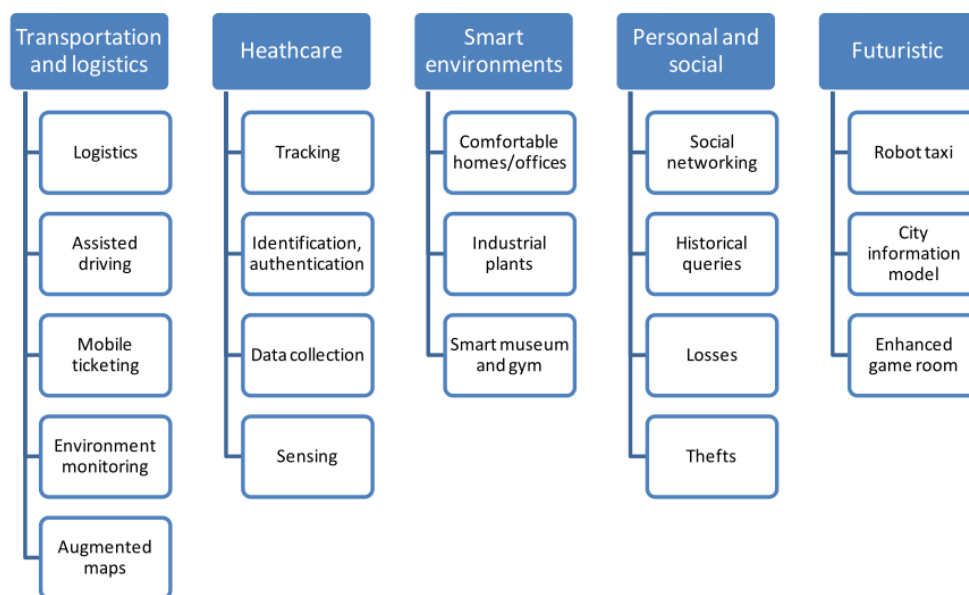


Figura 7 – IoT: domínios de aplicação e cenários mais relevantes (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

1. *Transporte e logística*: diversos meios de transporte, juntamente com seus respectivos trajetos estão se tornando cada vez mais conectados. Estradas, veículos e mercadorias são equipadas com etiquetas e sensores que (muitas vezes em tempo real) proveem informações relevantes para diferentes análises, visando uma tomada de decisão mais efetiva e consciente;
2. *Saúde*: muitos são os benefícios proporcionados pelas tecnologias IoT no domínio da saúde. Nesse sentido, suas áreas podem ser agrupados principalmente em: rastreamento de objetos e pessoas (funcionários e pacientes), identificação e autenticação de indivíduos, detecção e coleta automática de dados médicos;
3. *Ambientes inteligentes*: um ambiente inteligente oferece, de maneira proativa, uma série de facilidades e comodidades relacionadas ao espaço em questão. Isso é possível graças à inteligência dos objetos inseridos no ambiente, seja ele uma casa, um escritório, uma planta industrial ou uma área de lazer;
4. *Pessoal e social*: soluções que permitem ao usuário interagir com outras pessoas para manter e construir relacionamentos sociais. Nesse contexto, quando devidamente autorizadas, as “coisas” podem desencadear o envio de mensagens de forma passiva, permitindo que sua rede de relacionamentos seja notificada sobre suas atividades e/ou interesses;
5. *Aplicações futuristas*: os domínios listados anteriormente são realistas, pois já foram implementadas ou podem ser implementadas no curto/médio prazo. Por outro lado, podemos vislumbrar muitas outras soluções, denominadas futuristas, uma vez que elas dependem de algumas tecnologias (comunicação, sensoriamento, materiais e/ou processos industriais) que ainda estão por vir ou cuja implementação ainda é muito complexa.

De forma geral, a tecnologia IoT vem criando oportunidades em múltiplos domínios. Essa notória onipresença pode elevar a experiência de seus usuários a patamares nunca vistos, provendo o processamento de dados em tempo real para o atendimento proativo de suas necessidades. Entretanto, ainda existem muitas vertentes a serem exploradas nessa linha de pesquisa, como o domínio educacional, o que a torna ainda mais atrativa no contexto deste projeto.



2.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada uma visão geral sobre Aprendizagem Móvel e IoT, juntamente com seus principais conceitos relacionados. Por meio dessa fundamentação teórica, foi possível apresentar as expectativas com relação ao *M-Learning* e IoT, que juntos podem prover um ambiente de ensino extremamente interativo e dinâmico.

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

3.1 Considerações iniciais



Segundo [Kitchenham e Charters \(2007\)](#), uma Revisão Sistemática de Literatura (SLR¹) é um tipo de estudo secundário que usa uma metodologia bem-definida para identificar, analisar e interpretar todas as evidências relacionadas a uma questão de pesquisa, de forma que seja replicável e menos propensa a viés.

[Kitchenham e Charters \(2007\)](#) definem um segundo tipo de estudo, denominado Mapeamento Sistemático (SM²), que tem como objetivo apresentar as evidências de um domínio de estudo em um alto nível de granularidade, agrupando as evidências encontradas em áreas de similaridade e apontando linhas de pesquisa que demandem mais trabalhos.

Adicionalmente, [Petersen et al. \(2008\)](#) mencionam que a técnica de SM é recomendada quando há a falta de estudos primários relevantes e de alta qualidade. O SM é recomendado, no lugar de uma SLR, quando o tópico é muito abrangente ou quando existem poucas evidências a serem coletadas. Desta forma, na conjectura atual desta proposta acredita-se que um SM seja mais adequado.



Com isso, o SM descrito nesta seção buscou verificar o cenário atual de pesquisas envolvendo temáticas que relacionem Aplicações Móveis e IoT. Desse modo, alguns pontos principais foram analisados, tais como: contextos de aplicação, tecnologias e métodos/abordagens/diretrizes.

¹ Sigla da expressão em inglês *Systematic Literature Review*.

² Sigla da expressão em inglês *Systematic Mapping*.

3.2 Mapeamento sistemático

Como descrito anteriormente, um SM tem por objetivo evidenciar lacunas para, por exemplo, endossar futuras SLR e identificar linhas de pesquisa emergentes (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Além disso, por meio de uma categorização, o mapeamento fornece um resumo visual e conciso sobre uma determinada área ou temática (PETERSEN *et al.*, 2008).

No contexto deste trabalho, como ainda não **definimos** um domínio específico para aplicação dos conceitos em questão, um SM se demonstra mais apropriado. Nesse sentido, esse estudo será conduzido com o objetivo de evidenciar o estado da arte considerando a convergência entre os termos IoT e Aprendizagem Móvel. Com isso, espera-se verificar se há carência de estudos nessa área de pesquisa bem como identificar as lacunas existentes para a condução de novas investigações.

Para atingir o objetivo proposto, o SM será conduzido de acordo com o processo (Figura 8) idealizado por Nakagawa, Feitosa e Felizardo (2010). Tal processo é um refinamento, no contexto da arquitetura de software, baseado na proposta de Petersen *et al.* (2008). Entretanto, ele possui etapas genéricas e bem definidas que podem ser adaptadas a diferentes domínios. Desta forma, mais detalhes sobre a condução desse processo serão descritos a seguir.

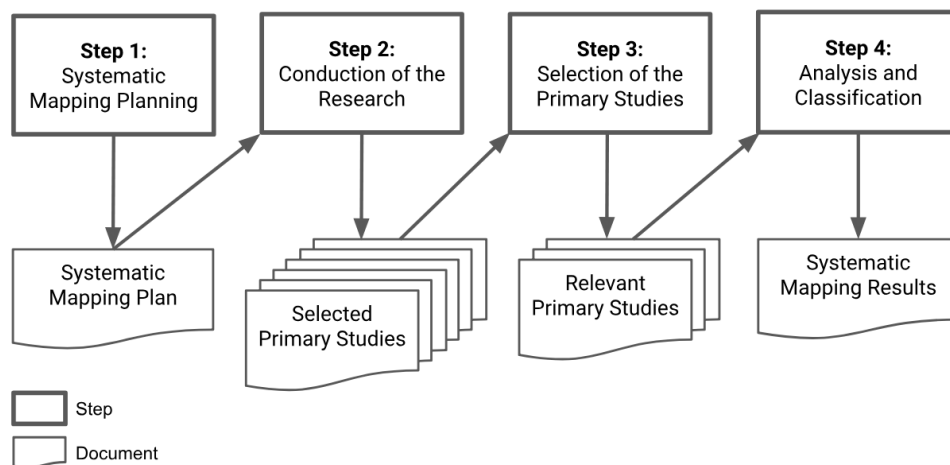


Figura 8 – Processo de Mapeamento Sistemático. Adaptado de Nakagawa, Feitosa e Felizardo (2010).

3.2.1 Planejamento

Segundo Nakagawa, Feitosa e Felizardo (2010), o primeiro e mais importante passo para obter sucesso em um MS é planejá-lo corretamente. Com isso, além da visão geral descrita previamente, **definiremos** as questões de pesquisa, estratégias de busca e critérios de inclusão e exclusão para que seja possível a condução desta pesquisa.

3.2.1.1 Questões de pesquisa

Uma abordagem comumente usada para formular questões de pesquisa em SM se dá através da aplicação dos critérios de PICO. Segundo [Petticrew e Roberts \(2008\)](#), as questões podem ser estruturadas em quatro aspectos: *Population* (População); *Intervention* (Intervenção); *Comparison* (Comparação); e *Outcome* (Resultados). Os critérios de PICO são apresentados na [Quadro 1](#).

Quadro 1 – Critérios de PICO.

<i>Population</i>	Estudos que relacionem os conceitos de IoT e Aprendizagem Móvel.
<i>Intervention</i>	Contextos de aplicação, tecnologias e métodos/abordagens/diretrizes.
<i>Comparison</i>	Não se aplica.
<i>Outcome</i>	Visão geral sobre o uso de tecnologias IoT na Aprendizagem Móvel.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Através dos critérios definidos no PICO é possível identificar, em alto nível, o escopo do SM proposto. Sendo assim, essa etapa do planejamento deu origem a três questões de pesquisa, as quais são apresentadas a seguir:



QP1. Em quais contextos e níveis de ensino a IoT tem sido mais aplicada?

QP2. Que tipos de estudos geralmente relacionam IoT e educação?

QP3. Quais tecnologias IoT foram mais investigadas no campo da Aprendizagem Móvel?

De acordo com [Kitchenham e Charters \(2007\)](#), o objetivo de um SM é realizar um levantamento de estudos relevantes para avaliar a quantidade de evidências existentes, visando responder as questões de pesquisa propostas. Segundo [Felizardo et al. \(2012\)](#), o processo precisa ser rigoroso e imparcial, além de envolver uma ampla cobertura de fontes de informação, como bancos de dados, periódicos e conferências. Para minimizar o viés e maximizar o número de estudos examinados, é necessária uma estratégia de busca bem definida.

3.2.1.2 Estratégias de busca

Considerando a definição dos termos de busca em um SM, [Felizardo et al. \(2012\)](#) propõem uma estratégia composta por quatro etapas: (i) identificar os principais termos considerando as questões de pesquisa, definidas anteriormente a partir dos critérios de PICO – [Quadro 1](#); (ii) identificar sinônimos, palavras alternativas ou abreviações para os termos principais, considerando palavras-chave encontradas em artigos sobre IoT ou Aprendizagem Móvel – [Quadro 2](#); (iii) usar o operador booleano *OR* para incorporar sinônimos, palavras alternativas ou abreviações – [Quadro 3](#); e (iv) finalmente, usar o operador *AND* para vincular os termos principais – [Quadro 4](#).

Quadro 2 – Termos de busca identificados a partir de outros trabalhos

Autor(es)	Palavras-chave
Georgiev, Georgieva e Smrikarov (2004)	D-Learning, E-Learning, M-Learning, Education
Traxler (2009)	Mobile Learning, Learning
Koole (2009)	Mobile Learning, Learning, Teaching
Ashton (2009)	Internet of Things, IoT, RFID
Atzori, Iera e Morabito (2010)	Internet of Things, Pervasive Computing, RFID
Fuzeto e Braga (2016)	Internet of Things, IoT, RFID, Wireless Sensor Network, WSN, Ubiquitous Learning, U-Learning

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 3 – Palavras-chave e sinônimos.

Palavra-chave	Sinônimos e Alternativas
IoT	Internet of Things, IoT, Pervasive Computing, RFID, Wireless Sensor Network, WSN
Aprendizagem Móvel	Mobile Learning, M-Learning, Ubiquitous Learning, U-Learning, Teaching, Learning, Education

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 4 – *String* de busca.

(“internet of things” OR “iot” OR “pervasive computing” OR “rfid” OR “wireless sensor network” OR “wsn”) AND (“mobile learning” OR “m-learning” OR “eletronic learning” OR “e-learning” OR “distance learning” OR “d-learning” OR “ubiquitous learning” OR “u-learning” OR “teaching” OR “education”)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ressaltamos que a *string* de busca apresentada no **Quadro 4** é uma estrutura genérica e pode ser modificada para se adaptar as buscas avançadas de cada uma das bases de dados selecionadas: ACM³, Engineering Village⁴, IEEE⁵, Science@Direct⁶, Scopus⁷, Taylor & Francis Online⁸ e Web of Science⁹. Segundo Brereton *et al.* (2007), essas bases de dados possuem um grande número de estudos indexados e englobam diversas conferências e periódicos.

³ <https://dl.acm.org>

⁴ <https://engineeringvillage.com>

⁵ <https://ieeexplore.ieee.org>

⁶ <https://sciencedirect.com>

⁷ <https://scopus.com>

⁸ <https://tandfonline.com>

⁹ <https://www.isiknowledge.com>

3.2.1.3 Critérios de inclusão e exclusão

Com base nas questões de pesquisa supracitadas, **definimos** critérios de inclusão e exclusão. Esses critérios são importantes para identificar estudos primários relevantes que respondam às nossas questões de pesquisa. Sendo assim, **criamos** os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

Quadro 5 – Critérios de inclusão e exclusão.

ID	Critérios de inclusão
CI.1	O estudo investigou o uso de tecnologias IoT para suportar o processo de ensino e aprendizagem.
ID	Critérios de exclusão
CE.1	O estudo não foi escrito em inglês.
CE.2	O estudo foi publicado antes de 1999.
CE.3	O estudo é um editorial, <i>position paper</i> , resumo, <i>keynote</i> , painel de discussão ou relatório técnico.
CE.4	Em caso de duplicidade, apenas o primeiro estudo deve ser selecionado.
CE.5	Em caso de estudos complementares de uma mesma pesquisa, apenas a versão mais atual e/ou relevante deve ser selecionada.
CE.6	O texto completo do estudo não pode ser obtido pelos pesquisados.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Vale destacar que no critério CE.2 foi considerada a data de 1999, pois foi o ano em que o termo IoT foi usado pela primeira vez, por Kevin Ashton. Desse modo, foi considerado que a partir desse ano haveria um maior número de pesquisas relevantes. Adicionalmente, estudos excluídos pelos critérios CE.1 (que estejam em português) e CE.3 serão desconsiderados, mas poderão ser tidos como fontes de consulta para identificar futuros tópicos de interesse e tendências de pesquisa.

3.3 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentado o planejamento do mapeamento sistemático deste projeto de doutorado. Com isso, espera-se identificar uma série de estudos primários relacionando os conceitos de IoT e Aprendizagem Móvel, além de consolidar a fundamentação teórica deste trabalho.

No próximo capítulo é apresentada a proposta deste trabalho de doutorado, ressaltando a caracterização da pesquisa, atividades a serem realizadas, procedimentos metodológicos adotados e resultados esperados.

PROPOSTA DE TRABALHO

4.1 Caracterização da pesquisa

Temas relacionados ao ensino e aprendizagem têm sido cada vez mais discutidos e estudados pela comunidade científica nos últimos anos. Em especial, ambientes computacionais de aprendizagem têm apresentando uma crescente importância, realizando um papel fundamental em atividades de ensino e treinamento, sendo relevantes não apenas no âmbito acadêmico como também no meio industrial (SVETLANA; YONGLK-YOON, 2009).

Tais ambientes, juntamente com o advento e desenvolvimento da computação ubíqua, têm impulsionado uma nova modalidade de ensino, denominada Aprendizagem Móvel ou *M-Learning (Mobile Learning)*. Em linhas gerais, essa modalidade de ensino caracteriza-se pela capacidade de proporcionar uma forte interação entre os aprendizes e instrutores, possibilitando que eles contribuam, participem e acessem o ambiente de ensino usando dispositivos móveis a qualquer momento e em qualquer lugar (O'MALLEY *et al.*, 2003).

Nesse contexto, o número de dispositivos móveis aumenta diariamente, tornando nossa sociedade cada vez mais conectada e dependente da onipresença dessa e de outras TIC. Com os avanços tecnológicos, esses dispositivos proporcionaram mais recursos e facilidades, trazendo novas possibilidades e desafios para a sociedade atual (WEST; VOSLOO, 2013).

Segundo Dias (2016), a IoT surge como um dos conceitos mais disruptivos da atualidade, pois transforma objetos estáticos em dinâmicos, além de incorporar inteligência em seus respectivos ambientes. Em vista da crescente popularidade da IoT e onipresença dos dispositivos móveis, este projeto visa integrá-los em uma solução de Aprendizagem Móvel.

Para isso, espera-se obter estudos primários relevantes no SM planejado no Capítulo 3. Desta forma, será possível avaliar o que outros pesquisadores vêm investigando e descobrindo com relação ao temas. Por outro lado, existem dois *insights* iniciais que merecem um registro formal:

1. **Ambiente de Ensino eficiente baseado em tecnologias de IoT:** idealização e implementação de um **ecossistema** de ensino e aprendizagem sustentado por tecnologias de IoT. Nesse cenário, espera-se obter diferentes tipos de informações relacionadas ao comportamento, ambiente e motivação dos alunos. Com isso, seria possível analisar os dados em questão para decisões pedagógicas mais eficientes, visando o estímulo cognitivo dos alunos;
2. **Aplicação *M-Learning* para o ensino universal de Línguas de Sinais:** atualmente não existe uma língua de sinais universal, o que dificulta ainda mais a comunicação de pessoas com esse tipo de deficiência. Nesse contexto, seria possível desenvolver uma aplicação *M-Learning* colaborativa, voltada para o ensino de línguas de sinais. Com isso, as tecnologias IoT poderiam ser utilizadas nos dispositivos móveis para reconhecer os gestos (via processamento de imagens ou um *gadget*, como uma luva, por exemplo), processar os dados e eliminar a complexidade semântica envolvida na comunicação dos usuários.

Por exemplo, imagine que um brasileiro (fluyente em LIBRAS¹) queira conversar com um americano (fluyente em ASL²), essa solução hipotética poderia, através de sua rica base de dados, traduzir automaticamente a interação entre os usuários.

4.2 Atividades e cronograma

Considerando a fundamentação teórica e os objetivos apresentados, esta seção define o plano de trabalho para a condução das principais atividades deste projeto de doutorado. Nesse sentido, as seguintes atividades foram planejadas:

- A. **Estudo sobre aplicações educacionais móveis:** consiste em apoiar a investigação por meio de referenciais teóricos a respeito do projeto, desenvolvimento, avaliação e uso de aplicações educacionais móveis;
- B. **Estudo sobre soluções IoT:** visa identificar as práticas arquiteturais e tecnológicas relacionadas ao conceito de IoT, identificando suas nuances em diferentes domínios de aplicação;
- C. **Mapeamento Sistemático sobre IoT e Aprendizagem Móvel:** realizar uma busca sistemática e abrangente visando trabalhos que forneçam insumos para relacionar aplicações educacionais móveis e IoT;
- D. **Definição de uma arquitetura que favoreça a integração entre Aprendizagem Móvel e IoT:** baseada nas atividades anteriores, esta atividade visa definir as principais práticas educacionais e tecnológicas visando o desenvolvimento de aplicações educacionais móveis baseadas em IoT;

¹ Língua Brasileira de Sinais

² American Sign Language

- E. Avaliação da arquitetura proposta:** esta atividade tem como objetivo avaliar as diretrizes propostas, por meio de métodos consolidados e apoio de especialistas nos domínios em questão;
- F. Refinamento da arquitetura proposta:** a partir das limitações e problemas identificados na atividade anterior, esta atividade busca melhorar e evoluir as diretrizes propostas;
- G. Instanciação da arquitetura como um produto:** visa construir uma aplicação educacional móvel, junto de seu respectivo ecossistema IoT, visando elevar a experiência de ensino e aprendizagem a um novo patamar;
- H. Avaliação do produto:** tem como objetivo avaliar a solução proposta, por meio da condução de experimentos seguindo as recomendações da engenharia de software experimental;
- I. Refinamento do produto:** a partir das limitações e problemas apresentados na atividade anterior, esta atividade visa readequar e evoluir a produto proposto.

Adicionalmente, para que os objetivos pretendidos neste projeto sejam concretizados e as exigências para a obtenção do título de Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional sejam cumpridas, também se fazem necessárias as seguintes atividades:

- J.** Obtenção de créditos em disciplinas de pós-graduação.
- K.** Exame de proficiência no idioma inglês.
- L.** Escrita e apresentação da monografia para o exame de qualificação.
- M.** Divulgação dos principais resultados da pesquisa em nível nacional e internacional, especialmente por meio de publicação de artigos científicos em periódicos e conferências de qualidade e impacto.
- N.** Redação e defesa da tese de doutorado.

O [Quadro 6](#) resume o plano de trabalho ao longo dos 48 meses estimados para a obtenção do título de doutor. Nele as atividades supracitadas são representadas em um cronograma planejado.

Como atividade obrigatória do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação e Matemática Computacional do ICMC-USP, está a realização das disciplinas e o cumprimento de créditos. Desse modo, a [Figura 9](#) apresenta as disciplinas cursadas pelo pesquisador, bem como carga horária, créditos, frequências, conceitos e situação.

Quadro 6 – Cronograma de atividades.

	2019						2020						2021						2022					
	Jan-Fev	Mar-Abr	Mai-Jun	Jul-Ago	Set-Out	Nov-Dez	Jan-Fev	Mar-Abr	Mai-Jun	Jul-Ago	Set-Out	Nov-Dez	Jan-Fev	Mar-Abr	Mai-Jun	Jul-Ago	Set-Out	Nov-Dez	Jan-Fev	Mar-Abr	Mai-Jun	Jul-Ago	Set-Out	Nov-Dez
A																								
B																								
C																								
D																								
E																								
F																								
G																								
H																								
I																								
J																								
K																								
L																								
M																								
N																								

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 – Tabela de notas do aluno.

55134 - 7902878/3 - Venilton Falvo Júnior

Sigla	Nome da Disciplina	Início	Término	Carga Horária	Cred.	Freq.	Conc.	Exc.	Situação
SSC5944-1/1	Arquitetura de Software (1)	10/03/2016	09/05/2016	90	6	88	A	N	Concluída
SCC5900-3/1	Projeto de Algoritmos (1)	11/03/2016	01/07/2016	180	12	100	A	N	Concluída
SCC5912-3/1	Interação Usuário-Computador I: Fundamentos (1)	09/08/2016	04/10/2016	120	8	95	A	N	Concluída
SCC5951-1/1	Interação Usuário-Computador II: Prática (1)	11/10/2016	22/11/2016	60	4	100	A	N	Concluída
SCC5774-4/2	Inteligência Artificial I (1)	17/03/2017	05/05/2017	90	6	100	A	N	Concluída
SSC5916-5/1	Tópicos em Computação e Matemática Computacional I (1)	22/03/2017	05/07/2017	15	1	100	B	N	Concluída
SCC5949-1/2	Inteligência Artificial II (1)	12/05/2017	07/07/2017	90	6	100	A	N	Concluída
SME5919-4/2	Tópicos Esp. em Computação e Matemática Computacional II (1)	09/08/2017	06/12/2017	15	1	100	A	N	Concluída
SCC5933-4/10	Metodologia de Pesquisa Científica em Computação (1)	11/08/2017	06/10/2017	30	2	100	A	N	Concluída

	Créditos mínimos exigidos		Créditos obtidos
	Para exame de qualificação	Para depósito de tese	
Disciplinas:	0	44	46
Estágios:			
Total:	0	44	46

Créditos Atribuídos à Tese: 148

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 Resultados esperados

Como principais resultados esperados a partir da condução das atividades estabelecidas neste plano de trabalho, destacam-se:

- Identificação de um conjunto de **práticas educacionais e tecnológicas** voltado para o desenvolvimento de aplicações educacionais móveis baseadas em IoT;
- Identificação de **práticas e estratégias pedagógicas** específicas para ambientes de IoT, que podem ser utilizadas em aplicações educacionais móveis;
- Identificação dos **requisitos** (funcionais e não funcionais) necessários para o desenvolvi-

mento de aplicações educacionais móveis orientadas a IoT;

- Criação de um conjunto de práticas pedagógicas e tecnológicas para apoio ao desenvolvimento e avaliação de aplicações educacionais móveis suportadas por tecnologias de IoT;
- Estabelecimento de um produto que implemente as diretrizes propostas e explore um domínio educacional específico através dos dispositivos móveis;
- Condução de experimentos com aprendizes e tutores, a fim de avaliar as diretrizes e o produto previstos neste projeto;
- Elaboração de artigos a serem submetidos a congressos e periódicos da área, tanto em nível nacional como internacional.

REFERÊNCIAS

- ASHTON, K. **That ‘Internet of Things’ Thing**. [S.l.], 2009. Último acesso: 24 fev. 2019. Disponível em: <<http://bit.do/eJMwk>>. Citado nas páginas 23 e 32.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. **Comput. Netw.**, Elsevier North-Holland, Inc., v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. Citado nas páginas 9, 23, 24, 25, 26 e 32.
- BRERETON, P.; KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; KHALIL, M. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal of systems and software**, Elsevier, v. 80, n. 4, p. 571–583, 2007. Citado na página 32.
- CASTRILLO, M. D.; MARTÍN-MONJE, E.; BÁRCENA, E. Mobile-based chatting for meaning negotiation in foreign language learning. In: **Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Learning (ML)**. Madrid, ES: [s.n.], 2014. p. 49–59. Citado nas páginas 19 e 21.
- DIAS, R. R. d. F. **Internet das Coisas sem mistérios**. [S.l.]: Netpress Books, 2016. Citado nas páginas 15, 20 e 35.
- DRISCOLL, M.; CARLINER, S. **Advanced web-based training strategies: Unlocking instructionally sound online learning**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2005. Citado na página 20.
- FELIZARDO, K.; MACDONELL, S.; MENDES, E.; MALDONADO, J. A systematic mapping on the use of visual data mining to support the conduct of systematic literature reviews. **Journal of Software**, v. 7, p. TBC, 02 2012. Citado na página 31.
- FUZETO, R.; BRAGA, R. Um mapeamento sistemático em progresso sobre internet das coisas e educação à distância. In: **I WICE – I Workshop Brasileiro sobre Internet das Coisas na Educação**. [S.l.: s.n.], 2016. Citado na página 32.
- GEORGIEV, T.; GEORGIEVA, E.; SMRIKAROV, A. M-learning: A new stage of e-learning. In: **Proceedings of the 5th international conference on Computer systems and technologies**. Rousse, BG: [s.n.], 2004. p. 1–5. Citado nas páginas 9, 20 e 32.
- HEIDT, E. T. **Planning Guide for the Internet of Things**. [S.l.], 2016. Citado na página 15.
- ITU. **ITU releases 2018 global and regional ICT estimates**. 2018. Último acesso: 12 fev. 2019. Disponível em: <<http://bit.do/eJHFp>>. Citado nas páginas 9, 15 e 22.
- KEEGAN, D. The incorporation of mobile learning into mainstream education and training. In: **World Conference on Mobile Learning, Cape Town**. [S.l.: s.n.], 2005. p. 11. Citado nas páginas 19 e 20.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. 2007. Citado nas páginas 29, 30 e 31.

- KOOLE, M. L. A model for framing mobile learning. **Mobile learning: Transforming the delivery of education and training**, v. 1, n. 2, p. 25–47, 2009. Citado nas páginas 9, 21, 22 e 32.
- KUKULSKA-HULME, A.; SHARPLES, M. Waypoints along learning journeys in a mobile world. **Sustaining mobile learning: theory, research and practice**, p. 43–56, 2016. Citado na página 16.
- KUKULSKA-HULME, A.; TRAXLER, J. **Mobile learning: A handbook for educators and trainers**. [S.l.]: Psychology Press, 2005. Citado nas páginas 19 e 21.
- LOPEZ, M. R.; REDONDO, R. P. D.; VILAS, A. F.; PAZOS-ARIAS, J. J. Entercation: engaging viewers in education through TV. **Comput. Entertain.**, ACM, New York, NY, USA, v. 5, n. 2, 2007. Citado nas páginas 9 e 20.
- LUETH, K. L. **State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B**. IoT Analytics, 2018. Último acesso: 24 fev. 2019. Disponível em: <<http://bit.do/eJL8X>>. Citado nas páginas 9, 24 e 25.
- NAKAGAWA, E.; FEITOSA, D.; FELIZARDO, K. Using systematic mapping to explore software architecture knowledge. **Proceedings - International Conference on Software Engineering**, 2010. Citado nas páginas 9 e 30.
- OLIVEIRA, S. de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. [S.l.]: Nova-tec, 2017. Citado na página 15.
- O'MALLEY, C.; VAVOULA, G.; GLEW, J.; TAYLOR, J.; SHARPLES, M.; LEFRERE, P. **Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment. Mobilelearn project deliverable**. [S.l.], 2003. Citado nas páginas 21 e 35.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: **EASE**. [S.l.: s.n.], 2008. v. 8, p. 68–77. Citado nas páginas 29 e 30.
- PETTICREW, M.; ROBERTS, H. **Systematic reviews in the social sciences: A practical guide**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008. Citado na página 31.
- SARRAB, M. M-learning in education: Omani undergraduate students perspective. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, v. 176, p. 834–839, 2015. Citado na página 16.
- SHARPLES, M.; ARNEDILLO-SÁNCHEZ, I.; MILRAD, M.; VAVOULA, G. Mobile learning. In: **Technology-enhanced learning**. [S.l.]: Springer, 2009. p. 233–249. Citado na página 16.
- SRIVASTAVA, S.; GULATI, V. P. M-learning—on path to integration with organisation systems. **International Association for Development of the Information Society**, ERIC, 2014. Citado na página 20.
- STEVENS, W. R. **TCP/IP Illustrated (Vol. 1): The Protocols**. [S.l.]: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1993. Citado na página 23.
- SVETLANA, K.; YONGLK-YOON. Adaptation e-learning contents in mobile environment. In: **Proceedings of the 2Nd International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human**. [S.l.]: ACM, 2009. (ICIS '09), p. 474–479. Citado na página 35.

TRAXLER, J. Current state of mobile learning. **Mobile learning: Transforming the delivery of education and training**, v. 1, p. 9–24, 2009. Citado nas páginas 20, 21 e 32.

WEST, M.; VOSLOO, S. **UNESCO policy guidelines for mobile learning**. [S.l.]: UNESCO, 2013. Citado nas páginas 15, 16, 20 e 35.

