

CARLO AIROLDI

**Avaliação de propostas de aplicações de negócio
baseadas na
localização física digital de *smartphones*
para hipermercados**

São Paulo
2020

CARLO AIROLDI

**Avaliação de propostas de aplicações de negócio
baseadas na
localização física digital de *smartphones*
para hipermercados**

Monografia de conclusão do Curso de Especialização em Tecnologias Digitais e Inovação Sustentável, oferecido pelo Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Orientador: Professor Livre-Docente
Carlos Eduardo Cugnasca

São Paulo
2020

Dedico este trabalho a minha esposa Tânia e aos meus filhos Enrico e Matteo pelo seu enorme apoio, paciência e incentivo. Amo-os.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial a Professora Tereza Cristina por ter insistido para que eu não desistisse do curso no meio do caminho e por todo o apoio para que pudesse recuperá-lo em tempo.

Aos professores que excederam os limites das salas de aula com seu companheirismo e incentivo, como ao meu orientador Prof. Carlos Eduardo Cugnasca, que me levou para conhecer outros professores da POLI para expandir conhecimento; ao Prof. Wagner Luís Zucchi pelos vários cafés degustados e por explorar conosco novas alternativas técnicas; ao Prof. Alberto Parada por aceitar que meu projeto pessoal fosse avaliado por seus amigos; e a Professora Cláudia Lemme por trazer novos pontos de vista a um projeto que já parecia esgotado e sem alternativas, renovando as esperanças.

E ainda, ao meu amigo Paulo Viera, pela sua dedicação e parceria ao longo dos anos, quando juntos buscamos transformar sonhos em realidade.

RESUMO

Nos Estados Unidos da América as compras em lojas físicas representaram 84% do valor total de vendas do varejo em 2019. Com a pandemia de covid-19 em 2020, este percentual se reduziu em comparação as compras *online* pelas restrições de circulação e contato social impostas pelas autoridades. Contudo, esta modalidade continuará relevante aos consumidores após a pandemia, mesmo com o contínuo crescimento do comércio eletrônico. Há, portanto, um potencial importante de uso de tecnologias que melhorem a experiência do consumidor nas compras realizadas nessas lojas. Potencializado pela adoção massiva do uso de telefones inteligentes, as tecnologias digitais de localização têm se tornado um nicho importante a ser explorado. São poucos os negócios que a utilizam atualmente, dada as próprias limitações das tecnologias existentes. Desta forma, este trabalho tem como objetivo ampliar a base de conhecimento ao apresentar propostas práticas e avaliar o uso da localização em aplicações especializadas para hipermercados. São referenciadas aplicações existentes em museus e *shopping centers*, considerando sua adaptabilidade para uso no varejo. São apresentados princípios e tecnologias mais comuns de localização para se criar a base de conhecimento para as alternativas de negócio propostas. Como resultado, são apresentadas propostas de aplicações de negócio para uso em hipermercados que têm sua funcionalidade baseada na localização digital.

Palavras-chave: celular, telefone inteligente, *smartphone*, localização física digital, serviços baseados em localização, sistema global de posicionamento.

ABSTRACT

In the United States of America, the sales in brick and mortar stores were 84% of the total retail sales in 2019. Due to the worldwide Covid-19 pandemic in 2020, this percentage has reduced when compared to the online shopping mainly because of the social restrictions and limited circulation rules imposed by the authorities. Nevertheless, this shop modality will continue to be of great relevance for the consumers in the post-pandemic moment. Hence, there is a latent potential for technologies that enhance the consumer experience when shopping physically. Fostered by the massive adoption of smartphone usage, the location-based services have become an important niche to be explored. Few are the businesses nowadays that use such a technology, maybe because of the limited capabilities of the existing ones. This work aims to amplify the knowledge about it by proposing practical possibilities of how to use location-based applications in hypermarkets. It is made references to existing applications in museums and malls, and consider their suitability to the retail. Localization principles and technologies are introduced in order to create the grounds for the business alternatives. The outcome is a proposition of business applications based in real-time localization for supermarkets.

Key-words: cell phone, smartphone, digital physical localization, location-based services, global positioning system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - ARQUITETURA RSSI COM <i>SMARTPHONE</i> COMO TRANSMISSOR	19
FIGURA 2 - TRILATERÇÃO	20
FIGURA 3 - ARQUITETURA RSSI COM BEACONS (APS, ROTEADORES)	20
FIGURA 4 - MODELO DE MAPEAMENTO DE AMBIENTE POR FINGERPRINT	22
FIGURA 5 - ARQUITETURA AOA	24
FIGURA 6 - INCIDÊNCIA DO SINAL	24
FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO POR DESLOCAMENTO FÍSICO DO SINAL (TOF)	27
FIGURA 8 - ARQUITETURA TÍPICA VLC	29
FIGURA 9 - MAPA DE CALOR	38
FIGURA 10 - CONDUTOR DE BUSCA DE PRODUTOS PARA HIPERMERCADOS	40
FIGURA 11 - FUNCIONAMENTO DO SUPORTE DE CONDUÇÃO DE DEFICIENTE VISUAIS	41
FIGURA 12 - CONSUMIDOR RECEBE PUBLICIDADE PERSONALIZADA POR APROXIMAÇÃO	43
FIGURA 13 - PAGAMENTO POR LOCALIZAÇÃO	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RELAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE LOCALIZAÇÃO DIGITAL REALIZADOS EM AMBIENTES REAIS E DINÂMICOS

16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	<i>Artificial Intelligence</i>
AoA	<i>Angle of Arrival</i>
AP	<i>Access Point</i>
CPF	Cadastro de Pessoa Física
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
LD	Localização Digital
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
NFC	<i>Near-Field Communication</i>
PDV	Ponto de Venda
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
RSSF	Redes de Sensores sem Fio
RSSI	<i>Received Strength Signal Indicator</i>
RTLS	<i>Real-time Location System</i>
ToF	<i>Time of Flight</i>
UWB	<i>Ultra-Wide Band</i>
UX	<i>User Experience</i>
VLC	<i>Visible Light Communication</i>

SUMÁRIO

1 Introdução.....	12
1.1 Motivação e Justificativa.....	12
1.2 Objetivo	13
1.3 Metodologia.....	14
1.4 Conteúdo e Organização	14
2 Trabalhos Relacionados	15
3 Métodos de Localização Física por meio Digital.....	18
3.1 Indicador de Força do Sinal Recebido.....	18
3.1.1 - Pontos Positivos e de Atenção	20
3.1.2 - Tecnologias que a utilizam	21
3.1.3 - Considerações de uso pelo usuário	21
3.2 Fingerprint de Ambientes	22
3.2.1 - Pontos Positivos e de Atenção	23
3.2.2 - Tecnologias que a utilizam	23
3.2.3 - Considerações de uso pelo usuário	23
3.3 Ângulo de Recebimento do Sinal (AoA).....	24
3.3.1 - Pontos Positivos e de Atenção	25
3.3.2 - Tecnologias que a utilizam	26
3.3.3 - Considerações de uso pelo usuário	26
3.4 Tempo de Deslocamento (ToF)	26
3.4.1 - Pontos Positivos e de Atenção	27
3.4.2 - Tecnologias que a utilizam	27
3.4.3 - Considerações de uso pelo usuário	28
3.5 Comunicação por Luz Visível (VLC)	28
3.5.1 - Pontos Positivos e de Atenção	29
3.5.2 - Tecnologias que a utilizam	29
3.5.3 - Considerações de uso pelo usuário	30
3.6 Considerações sobre o Capítulo	30
4 Fundamentos para Adoção da Localização Digital nos Hipermercados.....	31
4.1 Universalidade dos Recursos de Localização	31
4.2 Precisão da Localização	32
4.3 Experiência do Usuário (UX).....	32
4.4 Escalabilidade da Tecnologia de Localização e Infraestrutura	33
4.5 Legislação e Direito do Consumidor	33
4.6 O Fator Psicológico.....	34
4.7 Considerações Sobre o Capítulo	35
5 Propostas de Funcionalidade da Localização Física Digital para Hipermercados.....	36
5.1 Mapa de Calor e Deslocamento	37

5.2 Condutor de Ambientes para Localização de Produtos	39
5.3 Publicidade Personalizada Dinâmica por Localização Digital.....	42
5.4 Pagamento por Identificação e Localização Dinâmica	45
5.5 Integrando as Propostas de Localização Física Digital em um Hipermercado.....	48
5.6 Considerações Sobre o Capítulo	49
6 Conclusão	50
6.1 Contribuições	51
6.1.1 Pesquisas Tecnológicas	51
6.1.2 Aplicações de Negócio Inexploradas.....	51
7 Referências.....	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 *Motivação e Justificativa*

As pessoas passam a maior parte de suas vidas em ambientes fechados. Dependendo do país, onde o clima é mais severo, este percentual pode chegar a média de 80,66% (LEECH et al., 2002). Mesmo nas regiões de clima ameno, um cidadão comum passa mais tempo em áreas cobertas, como em sua casa, trabalho, escola ou comprando, do que ao ar livre propriamente dito. Isto remete ao Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), que são aplicações de localização que já fazem parte do cotidiano, e que funcionam apenas em áreas externas devido a restrições técnicas para a localização em áreas fechadas (PURICER; KOVAR, 2007).

Com o comércio eletrônico se estabelecendo por todo o mundo, em particular nos mercados mais evoluídos, as vendas por canais digitais têm aumentando de forma constante ano a ano, todavia o comércio físico ainda é significativamente maior, chegando a 84% do total do varejo nos Estados Unidos em 2019 (YOUNG, 2020). Mesmo perdendo terreno para os canais virtuais, acredita-se que as lojas físicas terão lugar cativo no mercado consumidor por muitos anos, embora a pandemia mundial eclodida no final de 2019 tenha forçado os consumidores ao isolamento social e a uma maior utilização das compras digitais, podendo alcançar 22% do comércio mundial em 2022 (STATISTA, 2020).

O relatório *“The State of Retail”* (“O Estado do Varejo”, numa tradução livre) da Timetrade (2017) aponta que consumidores ainda preferem comprar em lojas físicas, porém buscam cada vez mais por experiências que extrapolam ao próprio ato de comprar. As abordagens para aumentar o bem-estar dos clientes e proporcionar-lhes momentos agradáveis têm se intensificado. O objetivo é estimular o retorno do cliente ao estabelecimento, oferecendo-lhe experiências agradáveis associadas a marcas ou produtos (PWC, 2018).

Outra motivação é o uso de telefones móveis no mundo todo. No Brasil são 228,2 milhões de equipamentos ativos em 2019 (ANATEL, 2020), quantidade superior à população do país. Este montante aponta para uma importante base instalada de equipamentos com o potencial para o desenvolvimento de aplicações baseadas na localização.

A própria utilização discreta da localização física digital (LD) nos negócios é um indício a ser levado em consideração. Sua limitada utilização no dia a dia é um indicador de que seus recursos devem ser melhor explorados, e que a própria tecnologia precisa amadurecer para ser utilizada com fins comerciais. Organizações como o *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE), Microsoft e Nokia têm patrocinado anualmente eventos, conferências, simpósios e competições para estimular o desenvolvimento desta tecnologia (RENAUDIN et al., 2018).

As motivações mencionadas corroboram para a proposição de soluções baseadas na localização física, como as aplicações de negócio apresentadas neste trabalho. Estas visam o segmento de varejo, com foco nos grandes centros de compra, como os hipermercados. Eventualmente, estas mesmas aplicações podem ser avaliadas quanto a sua aplicabilidade em outros negócios similares, como mercados, supermercados e lojas de departamento.

1.2 Objetivo

Este trabalho tem o objetivo de explorar a viabilidade de se usar tecnologias mais comuns de localização física digital (LD) em aplicações de negócio propostas para ambientes fechados, como hipermercados.

Como princípio, do lado do consumidor, o foco é a utilização de *smartphones* que possuam conexão via Wi-Fi (protocolo IEEE 802.11), o *Bluetooth* e a câmera, recursos comuns da grande maioria dos telefones atuais. São desconsideradas as alternativas de localização que necessitem de outros recursos internos dos *smartphones*, como acelerômetro, magnetômetro, etc., ou externos, a exemplo de sensores de Identificação por Radiofrequência (RFID).

Como segunda premissa, do lado do negócio e seus estabelecimentos, se pretende aproveitar a estrutura existente, facilidade de implantação ou que permitam maior escalabilidade, como: (i) o uso de antenas Wi-Fi, já utilizadas para acesso a internet, mesmo que seja necessária sua ampliação; (ii) os *beacons*, pela sua facilidade de instalação e disponibilidade no mercado; e (iii) as lâmpadas de *LED*, que estão presentes em massa em todos os ambientes e são de fácil utilização. São desconsideradas instalações com equipamentos especializados que não os citados.

1.3 Metodologia

Este trabalho se iniciou pelo levantamento de informações e referências para a sua elaboração, após o que foram definidos os objetivos e a metodologia empregada. O levantamento se concentrou especialmente em artigos relacionados com a localização digital publicados a partir de 2016, com destaque às:

- tecnologias e métodos de localização;
- aplicações de localização em diversos tipos de ambientes;
- tecnologias comercialmente disponíveis no mercado para uso em *smartphones*; e
- aplicações em uso em *shopping centers* e museus, que apresentam similaridades, do ponto de vista de localização, com o ambiente de hipermercados.

A natureza do trabalho é de uma pesquisa exploratória, na qual se buscou levantar um conjunto de informações sobre a problemática de localização em ambientes fechados, para discutir a viabilidade de proposições de soluções para hipermercados.

1.4 Conteúdo e Organização

O Capítulo 2 apresenta trabalhos correlatos de localização que servem de referência para a elaboração de propostas de aplicações ao segmento escolhido.

O Capítulo 3 apresenta métodos e tecnologias de localização física digital e explora suas principais características técnicas.

O Capítulo 4 apresenta os fundamentos para que a tecnologia de localização possa crescer, amadurecer e integrar-se a sociedade de forma ubíqua.

No Capítulo 5 são desenvolvidas propostas de aplicação para a localização física digital para uso em hipermercados, com referência a outros ambientes.

Finalmente, o Capítulo 6 conclui o racional elaborado para a localização física digital e traz considerações sobre o momento que nos encontramos.

2 Trabalhos Relacionados

Os trabalhos pesquisados se relacionam às propostas de aplicação de negócio para hipermercados pelo fato de já fazerem uso da tecnologia de localização digital. Pretende-se, assim, identificar entidades nas quais sistemas de localização já funcionem, e, preferencialmente, atendam ao público, não necessariamente com os mesmos objetivos de uso ou finalidades.

A busca de referências de trabalhos relacionados baseou-se em pesquisas, experimentos e aplicações comerciais com foco na localização física digital que estivessem sendo aplicadas em ambientes reais e dinâmicos, preferencialmente em um negócio em pleno funcionamento. Foram considerados vários segmentos de negócio para este estudo, a exemplo de museus, aeroportos, centros de compras e estacionamentos.

Foram avaliadas duas linhas de análise técnica, sendo a primeira baseada nas características da tecnologia e o método utilizado para a localização, como a intensidade da força do sinal, velocidade de recepção, ângulo de recepção do sinal e a leitura da luz visível. A segunda se refere as características ambientais e usabilidade, como a área de abrangência física da localização, volume e tráfego de pessoas, velocidade de movimentação, barreiras e bloqueadores, facilidade de uso, entre outras.

No trabalho realizado por Lopez-Pastor (2019) foram utilizados múltiplos *smartphones* num ambiente real e avaliado o impacto das variações do ambiente, características típicas encontradas em lojas varejistas, uma vez que a população que frequenta estes ambientes é flutuante e diversificada. Ao considerarem diferentes modelos de *smartphones*, seu trabalho leva em consideração as variabilidades de cada equipamento e seu comportamento quando inserido no ambiente de localização digital. A própria presença dos consumidores contribui para a variabilidade dos sinais, além das condições físicas das instalações, como a distância entre as prateleiras, sua altura, o espaço de cobertura, entre outros fatores. Similarmente, o trabalho dos pesquisadores Cao et al. (2019) traz aspectos importantes para áreas de grande cobertura, como em *shopping centers*. Eles exploram a possibilidade da instalação *plug-and-play* das soluções de localização aproveitando a infraestrutura de Wi-Fi já existente. Este foco traz informações importantes quanto a viabilidade e as

dificuldades de se ter uma infraestrutura escalável e de fácil instalação, que permita rapidamente instalar a estrutura necessária para a localização digital em áreas amplas, reduzindo o custo e o tempo para sua implantação.

O Museu do Louvre de Paris utiliza a localização digital para criar guias de visitação e informar detalhes das obras de arte por aproximação, entre outras funcionalidades (KOSMOPOULOS; STYLIARAS, 2017). Similarmente ao guia de visitação do Louvre, este artigo traça um paralelo a um potencial guia de compras, algo como um orientador digital que conduza o consumidor até o produto que deseja. Naturalmente, museus têm uma proposta diferente dos hipermercados, o que instiga a pensar em como trabalhar as informações dos produtos para os consumidores no momento em que estes estão comprando, similarmente as informações das obras em que o visitante está próximo (SPACHOS; PLATANIOTIS, 2020).

O iParking é uma solução de localização proposta para motoristas em busca de vagas de estacionamento (LIU et al., 2012). Este estudo integra tanto o posicionamento do usuário nas dependências do estacionamento quando dentro do veículo como fora dele. Esta abordagem permite analisar tecnicamente a entrada e saída dos consumidores em um ambiente e o comportamento das tecnologias utilizadas.

Teoh (2016) explorou uma combinação de métodos de localização, analisando a possibilidade de alcançar uma maior precisão. Sua abordagem é conhecida como fusão híbrida, onde ao menos dois métodos de localização atuam de forma conjunta. Seus resultados são animadores quanto a precisão, chegando a 110 cm de margem média de erro em ambiente controlado.

Liang e Krause (2016) obtiveram resultados médios de 47 cm de precisão fazendo uso da tecnologia de Indicador de Força do Sinal Recebido (RSSI). Resultado muito significativo quanto a sua acurácia, embora seus testes tenham sido realizados numa residência com pouca variação de comportamento do ambiente. Outros estudos que fizeram uso da RSSI em ambientes estáveis se mostraram tão precisos quanto o anterior, a exemplo do trabalho realizado pelos engenheiros da IEEE, Sadowski e Spachos (2018), obtendo o resultado de 48 cm, contudo oscilando para 84 cm quando do distanciamento do *smartphone* para 2 m do ponto de referência. Estes são valores significativos para as aplicações propostas neste artigo, em razão do método RSSI poder ser utilizado para captura do sinal de todos os *smartphones*, indistintamente.

Quando os estudos são realizados em ambientes reais e dinâmicos, e não mais estáticos e controlados, os resultados mudam consideravelmente. Ao se considerar estes ambientes, estes possuem múltiplas variáveis que afetam diretamente o comportamento dos métodos e tecnologias de localização utilizada, como a circulação de pessoas, barreiras que impedem a recepção direta dos sinais, presença de tubulações e encanamentos, amplitude da área coberta e o próprio desgaste dos equipamentos, como roteadores de Wi-Fi e *beacons*, todos causando desvios importantes nos resultados.

O pesquisador e empreendedor Vincenzo Dentamaro tem participado sistematicamente do desenvolvimento de uma solução de localização que faça uso dos recursos como os apresentados como requisitos no objetivo deste trabalho. Seus resultados são bastante promissores em ambientes reais, obtendo precisão de aproximadamente 1,50 m em *shopping centers* (NEXTOME, 2020).

Com o finalidade de se avaliar resultados que potencialmente possam ser aplicados a hipermercados de acordo com as aplicações de negócio propostas, a Tabela 1 concentra uma relação de experiências que, de acordo com o objetivo e as definições estabelecidas por este trabalho, atendem aos requisitos necessários e as limitações impostas, como uso de *smartphones* por parte dos usuários, e o aproveitamento de infraestrutura existente, como uso do ambiente Wi-Fi, ou pela facilidade de instalação, como o uso de *beacons* ou comunicação de luz visível, por parte dos estabelecimentos.

Tabela 1 – RELAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE LOCALIZAÇÃO DIGITAL REALIZADOS EM AMBIENTES REAIS E DINÂMICOS

Autores	Local do Experimento	Tecnologia / Método de Localização Empregado	Precisão (m) (*)
Cao et al. (2019)	<i>Shopping Center</i>	Imagem (câmera) com ângulo de captura	4,00
Lopez-Pastor (2019)	<i>Shopping Center</i>	<i>Fingerprint</i> em APs Wi-Fi	8,00
Molina et al. (2018)	Aeroporto	<i>Fingerprint & Beacons</i>	5,00
Nextome (2020)	<i>Shopping Center</i>	<i>Bluetooth & Beacons com RSSI</i>	1,50
Renaudin at al. (2018)	<i>Shopping Center</i>	RSSI baseado em APs Wi-Fi	1,90
Teoh (2016)	<i>Shopping Center</i>	GPS & WI-FI (RSSI)	1,98

(*) Desvio médio capturado em relação a posição real do *smartphone* em 90% ou mais das leituras.

3 MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO FÍSICA POR MEIO DIGITAL

Para que as aplicações de negócio sejam avaliadas, são apresentadas as técnicas de localização digital mais utilizadas e comuns no mercado, e que eventualmente possam ser utilizadas pelas propostas deste trabalho. Não é objetivo trazer uma lista exaustiva de todas as tecnologias de localização, mas apresentar os principais métodos utilizados por elas para se obter a posição de um equipamento. É descrito o funcionamento básico da localização dos métodos mais comuns, a saber, o Indicador de Força de Sinal Recebido (RSSI), o *Fingerprint* (mapeamento) de ambiente, o *Time of Flight* (ToF), o *Angle of Arrival* (AoA) e a Comunicação por Luz Visível (ZAFARI et al., 2019). Todas estas abordagens são possíveis de ser implementadas nos principais *smartphones* comercializados atualmente, desde que estejam equipados com Wi-Fi, *Bluetooth* e câmera, recursos existentes nos 10 *smartphones* mais vendidos no Brasil em 2020 (Estado de Minas, 2020).

O amplo uso de *smartphones* faz deles o equipamento de maior atratividade para o desenvolvimento de aplicações de localização quando o foco está no usuário, como cliente ou consumidor. Complementarmente, grande parte dos ambientes comerciais têm infraestrutura já instalada de acesso a internet baseada na tecnologia Wi-Fi. Ponderando sobre estes dois fatores, é apropriado considerar soluções de localização que façam uso destes recursos já disponíveis e largamente utilizados (GUO, 2018). Elas são consideradas as tecnologias e métodos que atendam as premissas técnicas estabelecidas no objetivo deste trabalho, exceção feita a Comunicação por Luz Visível (VLC), que faz uso das lâmpadas de *LED*, que, possuem um amplo parque instalado, podendo ser futuramente ser aproveitado para a localização digital (ZOU et al., 2017).

3.1 Indicador de Força do Sinal Recebido

O RSSI estima o nível de força de um sinal de radiofrequência que um dispositivo está recebendo. O sinal pode ser oriundo de diversas fontes, como antenas de Estações Rádio Base, *Access Point* (AP), roteadores, *smartphones*, etc. (Figura 1). Quanto mais próximos, maior o nível de força do sinal. Em aumentando as distâncias, o sinal fica mais fraco e a taxa de erro aumenta, elevando o nível de imprecisão.

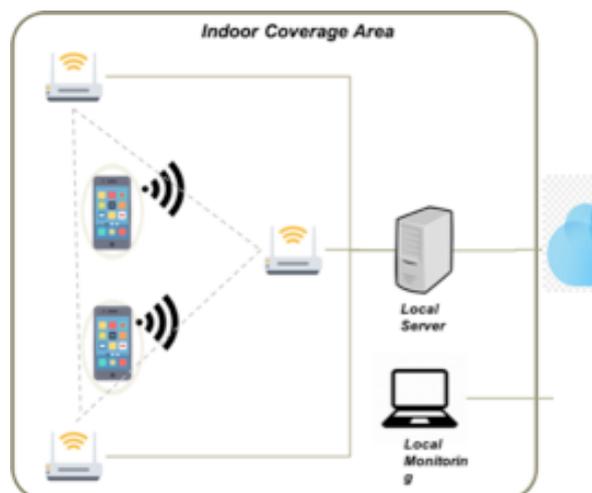
Experimentos em ambientes controlados alcançaram uma precisão ao redor de 2 a 4 m, com 80% de margem de variação, podendo chegar a 5 m devido as variações do ambiente onde o objeto está inserido (ZAFARI et al., 2019).

Em experimento realizado em ambientes mistos, tanto estáticos quanto dinâmicos (GUO, 2018), chegou-se a precisão de 1,43 m com uso de RSSI integrado ao método *Time of Flight* (ToF). Este uso integrado, também conhecido como “fusão” de métodos, eleva o nível de complexidade da solução, conforme apresentado no item 3.4 deste mesmo capítulo.

Testes em ambiente controlados e estáticos, sem circulação de pessoas e com pequena área de cobertura, como 54 m², a média de erro da localização foi de 47 cm (LIANG et al., 2016). Esta é uma precisão atrativa para uso em aplicações comerciais, se não fosse o limitado espaço utilizado e a impossibilidade de ser ter ambientes totalmente estáveis.

Para o propósito deste trabalho, o RSSI deve ser analisado de duas formas diferentes. Uma delas é quando a emissão do sinal tem sua fonte o próprio *smartphone*, sendo então necessário possuir uma estrutura de receptores que interpretem a força e calculem sua posição estimada.

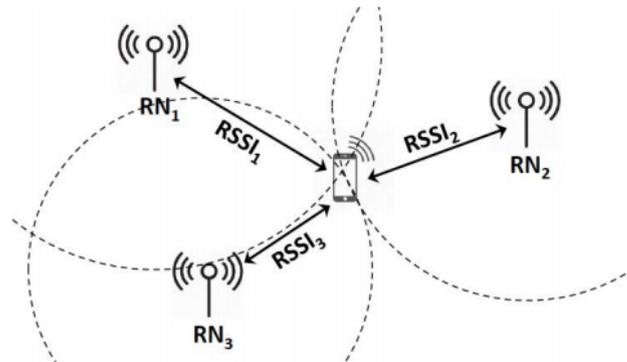
Figura 1 - Arquitetura RSSI com *smartphone* como transmissor



Fonte: o Autor

A técnica de triangulação do objeto alvo é conhecida como trilateração (Figura 2) e necessita de ao menos três APs (SADOWSKI, SPACHOS, 2018).

Figura 2 - Trilateração



Fonte: (ZAFARI et al., 2019)

A segunda opção é ter o *smartphone* como receptor, identificando a força do sinal e calculando sua localização. Nesta arquitetura, a origem do sinal é dos *beacons*, APs ou roteadores (Figura 3).

Figura 3 - Arquitetura RSSI com *beacons* (APs, roteadores) como transmissores

Fonte: o Autor

3.1.1 - Pontos Positivos e de Atenção

Esta técnica é considerada de fácil implementação uma vez que o valor da força do sinal do objeto transmissor é de fácil obtenção por um equipamento receptor. Uma de suas barreiras mais comuns é a variação da potência do sinal em razão de interferências físicas ou da própria capacidade do aparelho, que tende a variar ao longo de sua vida útil, alterando a qualidade dos sinais emitidos. Um mesmo aparelho pode emitir sinais que variem ao passar do tempo, o que indicaria que sua posição foi

“alterada”, mesmo que permanecendo imóvel. Outro problema é que modelos iguais de *smartphones*, incluindo do mesmo fabricante, podem variar quanto a força do sinal emitida, distorcendo sua localização real (BAI et al., 2014).

3.1.2 - Tecnologias que a utilizam

O *beacon* é uma das tecnologias que utiliza o método RSSI para transmitir sinais. Possuem uma bateria própria e um baixo consumo de energia, o que lhes garante uma vida útil que pode chegar a anos. Estes sensores podem transmitir a uma distância de aproximadamente 70 cm, considerando uma área sem obstáculos importantes (SPACHOS; PLATANIOTIS, 2020).

Os *smartphones* devem ter instalado uma aplicação que capture os sinais emitidos pelos sensores *beacons* e, de acordo com a intensidade do sinal, calcule a distância que se encontram. Ao se triangular a potência do sinal recebido com outros *beacons*, se obtém a localização física do aparelho.

Pela sua fácil instalação e preço, estes sensores são bastante atrativos comercialmente, contudo, seu curto alcance é um limitador para sua adoção e instalação em grande escala.

Similarmente aos *beacons*, há a possibilidade de se usar APs ativos, ou seja, emissores de sinal. Estes propagam os sinais para um alcance maior que o dos *beacons*. É utilizada a mesma arquitetura de triangulação, porém com APs mais espaçados entre si, possibilitando uma área de maior cobertura com um menor número de equipamentos. Em contrapartida, a maior distância entre eles reduz significativamente a precisão das localizações.

3.1.3 - Considerações de uso pelo usuário

Para que a localização funcione, uma aplicação específica deve ser instalada no *smartphone*. Esta aplicação faz uso do Wi-Fi ou *Bluetooth* para ler os sinais emitidos pelos sensores. Desta forma, há primeiramente a necessidade de que o usuário faça a instalação do aplicativo de localização e o tenha ativado quando estiver num ambiente monitorado. A ação de ligar o aplicativo de localização passa a ser de

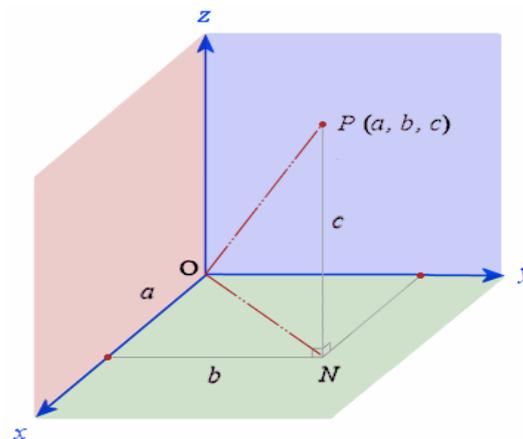
responsabilidade do usuário, o que dificulta sua utilização pela falta da espontaneidade de seu uso.

Para melhor precisão, o *smartphone* não deve estar no bolso ou bolsa dos usuários, uma vez que estas barreiras alteram significativamente a potência dos sinais.

3.2 *Fingerprint de Ambientes*

Nesta abordagem, uma área delimitada é mapeada digitalmente criando um padrão de distância dos objetos e paredes em relação aos APs, permitindo identificar quando algo adentra a área e altera o ambiente (Figura 4). Isto permite que a aplicação calcule a região que sofreu alterações e calcule sua distância (MOLINA, 2017). Este mapeamento é feito por meio de imagens, cores e luminosidade, estabelecendo por *software* a localização das referências (BAI et al., 2014). Os melhores sistemas chegam a precisão de 60 cm com variação de erro na ordem de 1,30 m (ZAFARI et al., 2019).

Figura 4 - Modelo de Mapeamento de Ambiente por *Fingerprint*



Fonte: (MOLINA, 2017)

3.2.1 - Pontos Positivos e de Atenção

Seu nível de acurácia é alto, contudo, é de difícil implementação pela razão de que este mapeamento é um contínuo processo de treinamento quanto as variações do ambiente, necessitando que as referências sejam refeitas a cada mudança (BHARGAVA, 2015). Isto ocorre toda vez que algo se altera no ambiente, como por exemplo quando um móvel é mudado de lugar, ou quando um carrinho de compras é deixado num dos corredores. A própria circulação das pessoas é um problema quando estas referências de imagens são sobrepostas, a exemplo de quando uma pessoa está atrás de outra. Xia et al. (2017) menciona que o dinamismo do movimento de pessoas numa área mapeada é um ponto de atenção em razão da grande variedade de oscilações e interferências ocorrendo ao mesmo tempo. Para o estágio em que esta tecnologia se encontra, ela é de difícil viabilização comercial, pois diferentemente da digital de um dedo (*fingerprint*), um ambiente físico não é imutável, devendo ser remapeado constantemente, o que torna esta tecnologia complexa de se manter permanentemente atualizada.

3.2.2 - Tecnologias que a utilizam

Foram encontradas soluções de mercado que utilizam o método de *fingerprint*, como a Ekahau RTLS, que afirma ter uma localização média de 3,9 m em ambientes dinâmicos (BAI, 2018).

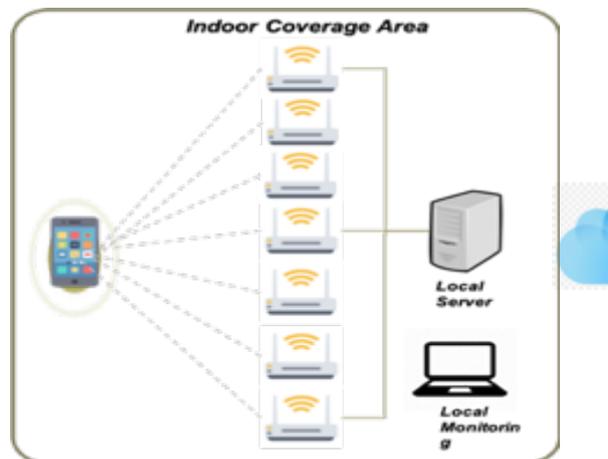
3.2.3 - Considerações de uso pelo usuário

Como sua identificação se baseia na variação sobre uma base de dados de imagens pré-definidas, mudanças podem ser identificadas mesmo sem utilizar *smartphones*, tornando-o muito prático para o usuário. Contudo não permite uma identificação unificada e repetitiva. Para isto é necessário se integrar com outro método, como o RSSI (XIA et al., 2017).

3.3 Ângulo de Recebimento do Sinal (AoA)

Com a proliferação da comunicação por Wi-Fi, um método que tem surgido é o uso de uma sequência de antenas que recebem os sinais de um objeto, e por meio da inclinação dos sinais, calculam sua localização. Ao se triangular os vários ângulos recebidos, se obtêm sua posição. São usados vários APs sequenciados num ambiente estável para se ter dados o suficiente para a projeção do local do objeto emissor (Figura 5). Os melhores sistemas têm mostrado resultados consistentes de precisão, chegando a média na ordem de 40 cm em ambientes estáticos (ZAFARI et al., 2019)

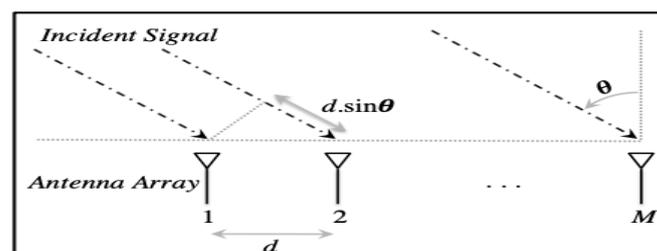
Figura 5 - Arquitetura AoA



Fonte: o Autor

Os pesquisadores de Stanford, Kotaru e Joshi (2015), realizaram pesquisas nas quais a precisão alcançada foi de 40 cm utilizando equipamentos de Wi-Fi típicos, sequenciando oito APs de forma que estes pudessem identificar o ângulo de emissão do sinal, a exemplo da Figura 6.

Figura 6 - Incidência do Sinal



Fonte: (KOTARU et al., 2015)

Ambientes experimentais foram montados em áreas fechadas de grande cobertura, como ginásios de esportes, confirmando um método estável e consistente quanto a precisão de aproximadamente 40 cm. Embora os resultados tenham sido positivos, as características do ambiente físico testado, com reduzido número de obstáculos, se mostraram apropriados para experimentos, porém pouco adequados para aplicações reais.

3.3.1 - Pontos Positivos e de Atenção

Entre os métodos e tecnologias comparados neste trabalho, o AoA obteve resultados muito positivos, embora este sistema seja relativamente difícil de se montar e configurar, por precisar de ao menos oito APs sequenciados numa dada área para recepção do sinal. Pode ser necessário a instalação de várias sequências de APs dependendo do tamanho da área de cobertura.

Este método é mais eficaz quando utilizado em ambientes com visada direta do objeto alvo para as antenas. Quando há demasiado número de interferências, como objetos, prateleiras, colunas, paredes, etc., estes refletem os sinais, criando ecos, e alimentando os APs receptores com informações replicadas mas com diferentes ângulos. Isto requer uma especial atenção ao sinal de “linha direta”, que é o sinal que chegou primeiro e em teoria o de menor trajetória. Este princípio requer uma grande precisão na montagem dos APs e algoritmos de alto desempenho para selecionar os sinais primários dos refletidos como ecos.

Um limitador importante para a escalabilidade deste método é a necessidade de se ter um grupo de oito APs por área de forma que haja “linha direta” entre os *smartphones* e os receptores. Isto significa que, dentro de um hipermercado, deve-se posicionar uma sequência de APs de forma que não haja pontos cegos, onde os sinais possam trafegar diretamente sem barreiras ou interferências. Considerando os leiautes destas lojas, haveria a necessidade de planejar cuidadosamente a instalação dos receptores, assegurando que todos os corredores permitissem acesso direto dos sinais dos *smartphones*, o que poderia levar a uma solução complexa e custosa.

3.3.2 - Tecnologias que a utilizam

Existem aplicações industriais que fazem uso de sensores para a localização. Não foram encontradas referências de aplicações comerciais no mercado com esta arquitetura para captura dos sinais de Wi-Fi dos *smartphones*.

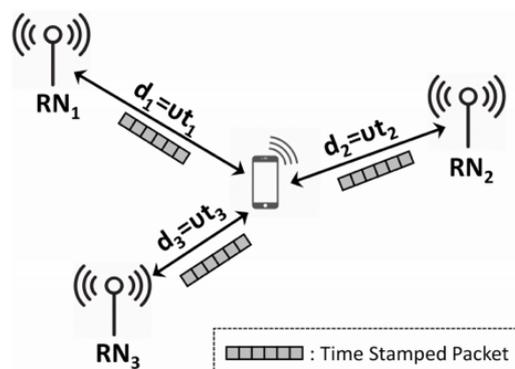
3.3.3 - Considerações de uso pelo usuário

Sua utilização é bastante prática do ponto de vista do usuário, pois este não precisa se preocupar com a posição de seu *smartphone* uma vez que ele esteja com o Wi-Fi ligado. Neste caso, não é necessário nem ao menos haver aplicativos instalados, pois o usuário é reconhecido pelo próprio sinal RSSI emitido por seu equipamento.

3.4 Tempo de Deslocamento (ToF)

Este método de localização faz uso do tempo de propagação de um sinal de Wi-Fi ou *Bluetooth* de um ponto a outro. São necessários ao menos três APs receptores, que registram o exato momento de captura do sinal e calculam sua localização de acordo com a diferença de sua recepção (Figura 7). Este método requer que os APs estejam sincronizados para que o tempo de chegada dos sinais possam ser comparados uns com os outros. A base de cálculo da diferença das recepções é o tempo de deslocamento físico do sinal a velocidade da luz. A granularidade de tempo pode chegar a milissegundos, equivalente a aproximadamente 300 m de deslocamento na velocidade da luz, resultando numa margem de erro de poucos metros (REA et al., 2016). Os melhores sistemas com esta abordagem alcançam uma margem média de erro de 2 m (ZAFARI et al., 2019). Para uma melhor precisão, é necessário se trabalhar ao nível de nanossegundos, o equivalente a 30 cm, o que atualmente ainda é um desafio tecnológico para sinais de Wi-Fi.

Figura 7 - Localização por deslocamento físico do sinal (ToF)



Fonte: (ZAFARI et al., 2019)

3.4.1 - Pontos Positivos e de Atenção

Destacam-se pela alta precisão, chegando a 10 cm de margem de erro quando utiliza APs especializados e protocolos de comunicação adequados, que não o Wi-Fi. Isto o faz um método promissor, embora ainda não haja infraestrutura disponível para sua utilização em escala nos ambientes comerciais com o uso de Wi-Fi ou *Bluetooth* (REA et al., 2017).

É necessário se ter os APs sincronizados ao nível de milissegundos, ou menos, para se poder comparar o tempo de chegada do sinal em cada um dos APs, o que é difícil de se conseguir com receptores de Wi-Fi comuns. Para estes casos, um marcador de tempo é necessário para assegurar a equalização dos relógios de cada receptor. Os APs devem ser customizados para a obtenção do *timestamps* dos sinais e devem ser instalados com grande exatidão física para assegurar que a triangulação alcance a maior precisão possível, pois qualquer aumento de um nanossegundo somasse uma diferença de 30 cm. Esta é uma estrutura complexa de se montar e manter.

3.4.2 - Tecnologias que a utilizam

A utilização de soluções com o método de localização por ToF é comercialmente inexistente em *smartphones* com uso de Wi-Fi ou *Bluetooth* pela

razão de suas ondas e frequências não viabilizarem sua implementação (REA et al., 2017). Seus princípios e método são utilizados na área militar com equipamentos especializados, a exemplo dos radares.

3.4.3 - Considerações de uso pelo usuário

Embora se recomende que o emissor e os receptores do sinal estejam em linha direta de transmissão-recepção, interferências tendem a causar pequeno impacto no resultado final da localização, uma vez que a variação do tempo de deslocamento ocorre no nível de picossegundos ou menos, permitindo ainda assim uma margem de erro que garante uma precisão acima dos demais métodos. Isto posto, os usuários podem manter seus *smartphones* no bolso enquanto seus sinais são capturados com uma margem aceitável de desvio, se comparados caso estivessem expostos (REA et al., 2017).

Outra vantagem é que não se faz necessário a instalação de aplicações especializadas caso o Wi-Fi seja utilizado, tornando a localização algo imperceptível ao usuário e ao estabelecimento comercial uma vez que este esteja ligado.

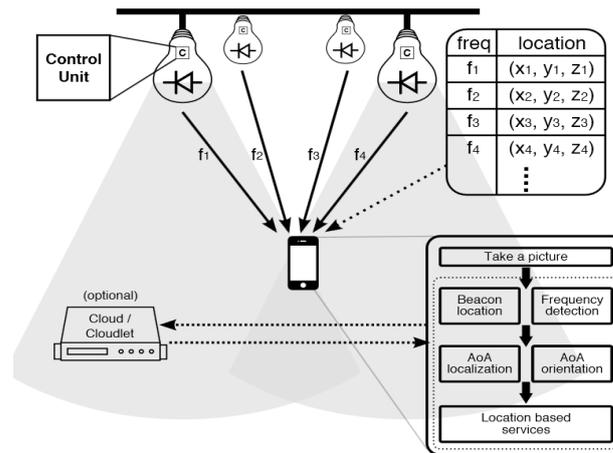
3.5 Comunicação por Luz Visível (VLC)

O método de Comunicação por Luz Visível faz uso da luz de *Light Emitting Diode* (LED) em sua comunicação. Acredita-se que a VLC será comum no futuro em razão de sua alta eficiência de iluminação, durabilidade e por suas características sustentáveis (ZOU et al., 2017).

Neste método, os dados são enviados através da modulação das ondas de luz no espectro visível, ou seja, utiliza-se apenas a faixa do espectro eletromagnético que varia entre 390 nm a 700 nm (Figura 8). Enquanto o espectro de ondas de rádio a frequência varia de kHz à GHz, o espectro da luz visível tem a grandeza de THz, ou seja, 1.000 vezes maior, o que garante uma taxa de comunicação de dados significativamente acima dos demais métodos de localização abordados (MATHEUS et al., 2017).

Um nó sensor é um dispositivo eletrônico com capacidade de processamento, memória e interface de comunicação sem fio. Esse dispositivo de sensoriamento pode ser equipado com uma variedade de dispositivos sensores, tais como velocidade, acústicos, sísmicos, infravermelhos, vídeo-câmeras, de temperatura e de pressão (ZAFARI et al., 2019).

Figura 8 - Arquitetura Típica VLC



Fonte: (MATHEUS et al., 2017)

Em simulações realizadas em laboratório por Zou et al. (2017) a precisão alcançada foi de 23 cm, quando integrando a VLC com tecnologias como o acelerômetro existente em *smartphones*.

3.5.1 - Pontos Positivos e de Atenção

Tende a ser uma tecnologia que terá uma base instalada praticamente onipresente, por fazer uso das lâmpadas de *LED*, viabilizando sua utilização em grande escala. Dessa forma, no futuro, as lâmpadas de *LED* irão desempenhar dois papéis diferentes: iluminação e comunicação.

3.5.2 - Tecnologias que a utilizam

Há aplicações de comunicação com luz visível para uso militar; em hospitais que a usam para substituir a comunicação por radiofrequência que causam interferências em equipamentos como a ressonância magnética; em universidades

que provêm conexão de alta velocidade a seus alunos presenciais, entre outras. Contudo, não foram encontradas soluções comerciais de *Real-Time Location System* (RTLS) baseadas na VLC.

3.5.3 - Considerações de uso pelo usuário

Para que a localização funcione, o *smartphone* deve ter instalado aplicativo que capture e interprete as ondas de luz oriundas das lâmpadas de *LED* e calcule sua localização por meio da triangulação. Todavia, o sensor fotovoltaico do *smartphone*, ou melhor, sua própria câmera, deve estar voltado em direção as lâmpadas para que haja uma correta captura da luz. Este posicionamento do *smartphone* faz do VLC uma solução pouco prática aos usuários e dificulta sua utilização com fins comerciais.

3.6 Considerações sobre o Capítulo

Foram apresentados os principais métodos de comunicação de sinal entre transmissores e receptores que possibilitam a localização física de *smartphones*. São descritas suas características básicas e como são utilizadas para a localização. Com estas informações é possível perceber que nenhuma delas alcançou um nível de maturidade que viabilize sua aplicação irrestrita e em grande escala. Há dependência de equipamentos especializados para que a localização seja alcançada de forma satisfatória, ou que no mínimo, viabilize o desenvolvimento amplo de aplicações comerciais.

A exemplo dos atuais sistemas de *Global Positioning System* (GPS) que já permitem usar a informação de tempo e espaço de forma prática, como para gestão de rotas e previsão de tempo de viagens, futuramente, a localização física também poderá ser explorada para resultados práticos e benefícios reais em ambientes fechados. Nestes capítulos são apresentadas suas vantagens e limitações, que quando avaliadas no conjunto, deixam a desejar quanto a sua pronta aplicação com o propósito comercial.

4 FUNDAMENTOS PARA ADOÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DIGITAL NOS HIPERMERCADOS

O desenvolvimento das tecnologias digitais nos últimos 30 anos tem transformado a forma como as pessoas se relacionam entre si, com seu trabalho, educação, diversão, compras, entre outros. Existem fatores técnicos, comportamentais e legais que devem ser levados em consideração para que as inovações tecnológicas encontrem seu espaço no cotidiano das pessoas. Em seu trabalho junto ao *National Institute of Standards and Technology* (NIST), Gentile e Kik (2007) sumarizam os requisitos mais importantes para sistemas de localização, sendo eles: a não necessidade de realizar mapeamentos prévios dos ambientes onde serão instalados; manter a estabilidade mesmo quando os ambientes são alterados estruturalmente; funcionar em todas as localizações e em todas condições; e ter uma precisão menor do que um metro. Estes resultados são considerados neste capítulo, acrescidos de outros que se fazem necessários contextualizar.

4.1 Universalidade dos Recursos de Localização

Como visto no Capítulo 3, as arquiteturas apresentadas possuem algo em comum, a bilateralidade: transmissores e receptores. Todas têm (i) o *smartphone* como transmissor ou receptor de sinal, e (ii) os APs (ou equivalentes) como receptores ou emissores de sinal. Similarmente aos sistemas de GPS, como o *Google Maps* ou o *Waze*, que fazem uso de uma infraestrutura de satélites existente para enviar sinais aos *smartphones*, as soluções de localização para áreas fechadas também necessitam ter uma infraestrutura técnica disponível para sua utilização. Não é possível fazer a localização em ambientes fechados sem que os estabelecimentos as tenham prontas. Por esta razão, uma grande quantidade de pesquisas explora alternativas que façam uso do Wi-Fi como forma de aproveitar o que já existe instalado (GENTILE et al, 2007; REA et al., 2016; WU et al., 2017).

Além do uso do Wi-Fi, as soluções de localização devem fazer uso dos recursos técnicos mais básicos e comuns existentes na maioria dos *smartphones*. Requisitar que estes acoplem novos dispositivos ou sejam equipados com sensores especializados, como giroscópio, barômetro, acelerômetros, etc., restringe sua utilização e aceitabilidade por parte dos usuários.

4.2 Precisão da Localização

A princípio, a precisão depende do objetivo a que se destina a aplicação. Exposições e mostras culturais podem requerer diferentes distâncias das utilizadas em aeroportos ou *shopping centers*. Algumas soluções chegam a distâncias de 2 a 5 m, e podem ser bastante úteis para saber onde estão os passageiros dentro do aeroporto, ou para saber onde há uma maior concentração de pessoas numa determinada área, sem a necessidade de maior precisão. Outras tecnologias alcançam 1 m de precisão, distância que começa a ser adequada para aplicações comerciais, pois permitem alguma interação, de acordo com a distância que estas pessoas se encontram dos produtos, locais ou áreas (GENTILE; KIK, 2007). Soluções com resultado de 30 cm ou menos são altamente precisas, permitindo distinguir quem está utilizando o equipamento, e possibilitando uma interação direta com esta pessoa. Desta forma, quanto maior for a precisão alcançada, melhores e maiores serão as condições de se desenvolver algo que atenda aos interesses dos usuários e aos propósitos dos negócios.

4.3 Experiência do Usuário (UX)

Um fator crucial para a adoção em escala da localização digital é quão útil e agradável é a experiência de uso do ponto de vista dos usuários, aumentando sua probabilidade de adotá-la. Quanto mais invisível e imperceptível a solução, maiores as chances de ser bem-sucedida. Ao mesmo tempo, quanto mais rápida e simples, ainda melhor (DAVIS, 1985).

Em face da grande quantidade de aplicativos disponíveis para as mais diversas finalidades, os usuários de *smartphones* por vezes avaliam se vale a pena ou não ter mais uma aplicação instalada, considerando que estas ocupam espaço e demandam memória e processamento de seus aparelhos. Uma simples dúvida pode ser um fator impeditivo para sua efetiva experimentação.

Aplicações que demandam muito dos usuários para seu entendimento e utilização estão propensas ao fracasso comercial. Neste caso, a curva de aprendizado deve ser reduzida e a percepção de valor maior do que as barreiras percebidas. Mesmo as exigências mais simples de uso devem ser levadas em consideração, como digitar senhas complexas ou ter que habilitar recursos em seus equipamentos, como

Bluetooth, acelerômetros, entre outros. Em sua tese *Technology Acceptance Model* (TAM), Davis (1985) salienta a percepção do usuário quanto a facilidade de uso da tecnologia, classificando em graus de adoção de acordo com o esforço necessário, como quanto sua compreensão, intuição, prontidão e simplicidade.

4.4 Escalabilidade da Tecnologia de Localização e Infraestrutura

O conceito de escalabilidade endereça dois aspectos, sendo o primeiro (i) a capacidade de crescer na quantidade de objetos monitorados em uma dada localização, e (ii) na facilidade de se crescer no número de instalações que utilizam a localização digital.

O primeiro tópico chama a atenção para que os estabelecimentos tenham o poder de processamento adequado para um grande volume de *smartphones* sendo monitorados simultaneamente. A incapacidade de processar grande volumes de dados ou a perda de desempenho de um sistema de localização pode implicar na demora para se calcular uma posição, ocasionando erros técnicos ou a percepção de falha no posicionamento.

As soluções precisam ter uma arquitetura de fácil conexão, instalação e manutenção, preferencialmente fazendo uso de equipamentos ou estruturas já existentes, como as antenas de Wi-Fi pré-instaladas. Ao se usar equipamentos especializados, potencialmente se torna a solução mais complexa, requerendo diferentes recursos técnicos e demandando profissionais capacitados para realizar as instalações.

Dentro dos aspectos levantados, a proliferação da tecnologia de localização se baseia primordialmente na multiplicação das instalações nos estabelecimentos, sem as quais nada se faz possível.

4.5 Legislação e Direito do Consumidor

Cada vez mais a segurança e a privacidade dos dados dos usuários se fazem necessárias. No Brasil, em outubro de 2020 passou a vigorar a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) que regulamenta e classifica dados como pessoais, pessoais sensíveis e não pessoais (BRASIL, 2018). Passa a ser mandatória a ciência

e autorização dos usuários para que seus dados, incluindo sua localização, possam ser capturados, armazenados e utilizados por qualquer razão que seja. Vários países estão aderindo aos cuidados dos dados pessoais e estabelecendo suas leis e regulamentações. Notadamente, os Estados Unidos fazem uso da *California Consumer Privacy Act* (CCPA) em vigor desde janeiro de 2020 e a Comunidade Europeia tem sua regulamentação chamada *General Data Protection Regulation* (GDPR) desde maio de 2018.

O artigo “*The Big Brother has evolved*” (“O Grande Irmão cresceu”, numa tradução livre) traz à atenção que, mesmo dados anonimizados, sem a explícita identificação dos proprietários da informação, podem ser classificados como informação pessoal, assim estando sob os cuidados da lei. Como exemplo, a localização digital de um indivíduo não possui sua identificação explícita, porém, suas coordenadas podem levar a sua identificação indiretamente (DOBSON, 2009).

Um segundo fator que é abordado pela legislação é a comercialização dos dados pessoais com o propósito de publicidade ou avaliação comportamental. A LGPD proíbe esta prática, salvo pela autorização de seu proprietário. Vale salientar que sua autorização deve estar baseada na transparência e clareza dos propósitos do por que seus dados pessoais são capturados, armazenados e/ou distribuídos. Havendo falha na comunicação ou no entendimento das razões do uso de tais informações, o indivíduo tem o suporte legal para exigir seus direitos de privacidade digital (BRASIL, 2018).

4.6 O Fator Psicológico

Uma barreira para a adoção da localização física digital por parte dos usuários é o fator psicológico de acharem que estão sendo monitorados aos moldes do “Grande Irmão” (DOBSON; FISHER, 2007). A percepção de ser vigiado e a intenção de manter a privacidade são barreiras de entrada desta tecnologia de forma massiva.

Uma política transparente na gestão dos dados, aliada a canais eficientes de comunicação com o público, pode diminuir barreiras de adoção e reforçar os efeitos positivos da inovação (MANI, CHOUK, 2019). Usuários devem ter clareza de como seus dados serão tratados e protegidos, assegurando-lhes a privacidade sem o tráfico secundário de suas informações.

Enquanto alguns repelem a tecnologia em razão de sua privacidade, para outros, este não é um problema de forma alguma. Segundo pesquisa da consultoria PriceWaterhouse & Coopers (PWC, 2018), 75% dos entrevistados no Brasil aceitariam fornecer seus dados de localização se houvesse alguma vantagem em retorno, como melhorando sua experiência com maior conveniência ou provendo descontos aos serviços oferecidos. Fatores como confiança, segurança, facilidade de uso, praticidade, transparência e controle alavancam de forma significativa a adoção de inovações como a localização digital, estimulam sua utilização e incentivam comportamentos positivos em relação a tecnologia (ROY; BALAJI; QUAZI; QUADDUS, 2018).

4.7 Considerações Sobre o Capítulo

Ao se pensar na localização digital de forma holística, surgem fatores que ultrapassam os limites da tecnologia. A visão se amplia e os horizontes mudam, novas variáveis entram em cena, e considerações socioambientais passam a fazer parte da solução. As considerações de cunho comportamental são mais importantes do que as técnicas, uma vez que, sem que estas sejam atendidas de forma satisfatória, não há qualidade técnica que convença sua adoção.

Pretende-se que este capítulo sirva de parâmetro na avaliação e construção de aplicações de localização, elevando seu nível de qualidade geral e atendendo às necessidades humanas tanto individuais quanto sociais.

5 PROPOSTAS DE FUNCIONALIDADE DA LOCALIZAÇÃO FÍSICA DIGITAL PARA HIPERMERCADOS

O propósito deste capítulo é propor aplicações para o segmento de hipermercados que tenham seu funcionamento baseado na localização em tempo real. Embora haja crescimento contínuo do comércio eletrônico, há uma forte demanda de que os processos e tecnologia nas lojas físicas do varejo sejam modernizados para melhor atender as necessidades e satisfazer seus consumidores (TIMETRADE, 2017). As propostas descritas abaixo buscam melhorar a experiência destes usuários, direta ou indiretamente, oferecendo personalização, facilidade, rapidez e conveniência. Espera-se que estes percebam a tecnologia de localização como um valor agregado e que as aplicações sejam atrativas o suficiente para que retornem outras vezes para novas experiências de consumo. Pelo lado do estabelecimento físico, este necessita estar adequadamente preparado para se integrar e competir com o crescimento do comércio eletrônico, tornando-se mais ágil e eficiente, oferecendo melhores condições para o aumento do gasto médio de seus clientes. Os executivos de negócios sabem que devem se aproximar de seus consumidores, entender seu comportamento, necessidades e anseios, e identificar soluções que aumentem seu interesse e satisfação em suas visitas (PWC, 2018). A localização digital é uma importante ferramenta viabilizadora de parte destas necessidades.

Como informado na Tabela 1 do Capítulo 2, os estudos realizados em ambientes reais e dinâmicos apresentam diversos resultados, com precisões e métodos variados. Para cumprimento dos objetivos deste trabalho, optou-se por se utilizar como referência o modelo apresentado por Nextome (2020), que obteve a melhor precisão com uso do método RSSI baseado em *beacons*. Pressupõe-se que o modelo estudado possa ser replicado, alcançando resultados muito próximos aos obtidos pelo estudo original. Desta forma, as propostas de aplicação de negócio são avaliadas tendo como referência a precisão média de 1,50 m.

5.1 Mapa de Calor e Deslocamento

A circulação de pessoas em ambientes como hipermercados, *shopping centers*, museus, entre outros, é de difícil monitoramento. Saber o volume e onde se encontram num dado momento são informações preciosas para o controle de fluxo do ambiente, segurança e saúde dos presentes. Em tempos de pandemia, com a limitação da circulação e da proximidade física, ter estas informações dinamicamente em tempo real pode ser um fator de saúde pública.

Segundo Ferracuti et al. (2019) aplicações de localização em tempo real se fazem necessárias para este acompanhamento e análise. Em sua pesquisa, foram analisadas a movimentação de carrinhos de mercado e as áreas frequentadas. Em sua técnica de captura de dados, seus consumidores não foram identificados, carecendo assim a formação de um comportamento individualizado ou de grupos específicos (*clusters*). Foram utilizados sensores de *Ultra-Wide Band* (UWB) nos carrinhos, não associados aos *smartphones* dos consumidores.

O mapa de calor proposto é uma analogia à tecnologia de câmeras térmicas que identificam áreas quentes e frias, ou seja, na aplicação de localização estas são as áreas mais e menos frequentadas, respectivamente. Desta forma, consegue-se saber qual o nível de circulação dos consumidores na área coberta mapeada. Em um mapa de calor RTLS é possível se ter as seguintes informações dinâmicas ou históricas:

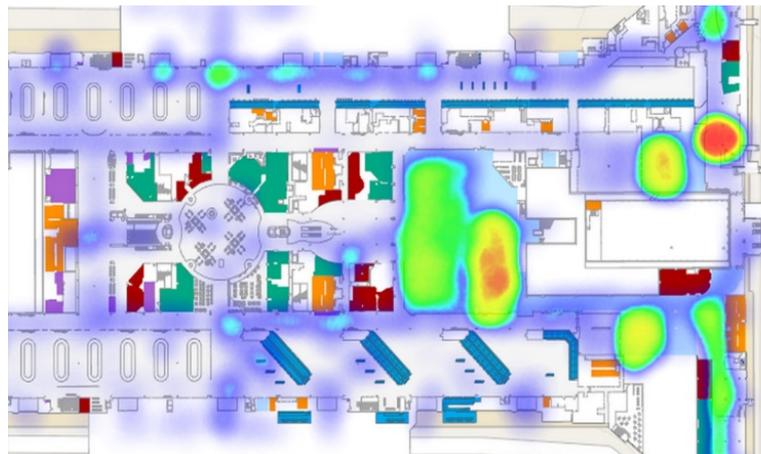
- quantos usuários estavam e/ou estão presentes num dado momento;
- quantos usuários passam (ou não) por certos locais ou pontos monitorados;
- quanto tempo ficam em frente aos pontos monitorados;
- quem esteve ou está próximo a pontos de interesse;
- que horas chegaram e saíram e quanto durou a visita;
- quantas vezes voltam ao estabelecimento e qual a frequência.

Tais informações, quando capturadas, são armazenadas juntamente com o instante de sua obtenção, possibilitando que os gestores dos hipermercados retroajam no tempo e analisem como estava frequentado seu estabelecimento num dado momento e qual a distribuição das pessoas em relação aos corredores e produtos.

Para a proposta de mapa de calor não é necessário que esta seja em tempo real, ou seja, que o posicionamento capturado seja medido em milissegundos, ou mesmo segundos, uma vez que, mesmo em tempos maiores, como até um minuto, se é possível utilizar o mapa de calor com finalidades comerciais nos hipermercados. O mesmo ocorre quanto a sua precisão, pois esta seria aceitável ter uma distância mínima de 1 m, conforme proposto por Gentile et al. (2017), embora uma maior precisão permita melhores análises e resultados.

A Figura 9 apresenta um modelo de mapa de calor, sendo que as áreas circuladas são representadas pelas cores mais vivas, destacando a presença de consumidores.

Figura 9 - Mapa de Calor



Fonte: o Autor

Em estudo realizado por Sorensen et al. (2017), 80% do tempo dos consumidores em um *shopping center* é gasto na circulação aleatória de um lugar para outro, e não na busca e compra de produtos. Resultado similar foi obtido em estudo pela *Wharton School* ao verificar que consumidores gastam mais tempo se movimentando casualmente do que comprando (HUI et al., 2009). Estas informações são importantes para análises de distribuição de produtos, fluxo e circulação de pessoas, posicionamento de monitores de propaganda e ações específicas de marketing, incluindo como atrair aqueles que somente estão de passagem. Estes estudos corroboram com a viabilidade de se ter aplicações RTLS que permitam além

da análise de dados históricos, identificar e agir prontamente em tempo real, de forma dinâmica e personalizada, de acordo com o perfil e necessidade do cliente.

Como experimentado em *shopping centers* por Vincenzo Dentamaro em seu trabalho Nextome (2020), os resultados de avaliações em situações reais alcançaram precisão de 1,5 m em média, fazendo uso de *Bluetooth* nos *smartphones* e lendo os sinais emitidos pelos *beacons* instalados localmente. Com esta margem de erro uma pessoa pode ser posicionada erroneamente em corredores distintos, ou dentro de paredes e prateleiras. Estes resultados mostram como a dinâmica do ambiente impacta na precisão da localização. São muitos os fatores que ocasionam a oscilação dos sinais, como pessoas circulando, prateleiras e produtos dispersos, carrinhos deixados no caminho, entre outras.

Em consideração à viabilidade de mapas de calor em hipermercados, vale ressaltar que há uma margem de imprecisão e se este desvio é aceitável pelo estabelecimento. Contudo, uma vez que este desvio não traz riscos aos consumidores, esta aplicação pode ser útil para a gestão do leiaute do área coberta e distribuição dos produtos.

5.2 Condutor de Ambientes para Localização de Produtos

Esta funcionalidade tem como objetivo auxiliar o consumidor na localização de produtos num ambiente de alta complexidade, a exemplo de hipermercados. O propósito é criar uma rota que conduza o consumidor à prateleira onde encontre o que deseja. A definição da rota é baseada na localização atual do consumidor e onde o produto requisitado está. Vale ressaltar que o sistema de localização digital não encontra o produto em si, como o refrigerante ou a caixa de sabão em pó, mas a área onde este produto geralmente está exposto. A condução é feita de um local a outro conforme o leiaute pré-mapeado do estabelecimento, traçando rotas de acordo com o perfil ou preferência do consumidor. O consumidor pode informar todos os produtos que busca em sua lista de compras e o sistema monta uma rota otimizada completa, de acordo com a necessidade da pessoa.

Pode haver diferentes critérios para a formação de uma rota. A primeira delas é por “rapidez”, quando são otimizadas para serem as mais objetivas possíveis, com

os menores trajetos e sem perda de tempo. Outra opção é a montagem automática de rotas para itens em desconto e promoções, conduzindo o consumidor para os produtos que lhes sejam de interesse. Uma terceira possibilidade é a repetição de compra, onde o sistema RTLS refaz uma rota atualiza para os produtos comprados na última visita ao hipermercado (JIMÉNEZ; MEJÍA, 2018).

No modo de “condutor”, ou seja, quando o aplicativo está pronto para conduzir o usuário, o leiaute do estabelecimento é apresentado no *smartphone* e sua rota montada de acordo com sua preferência, mostrando onde ele está e como chegar ao próximo produto (Figura 10). Ao chegar neste produto, logo o sistema refaz a rota para o próximo e o guia até lá, recorrentemente, até a finalização dos produtos e, eventual, o encaminhando ao caixa com menor fila.

Figura 10 - Condutor de busca de produtos para hipermercados



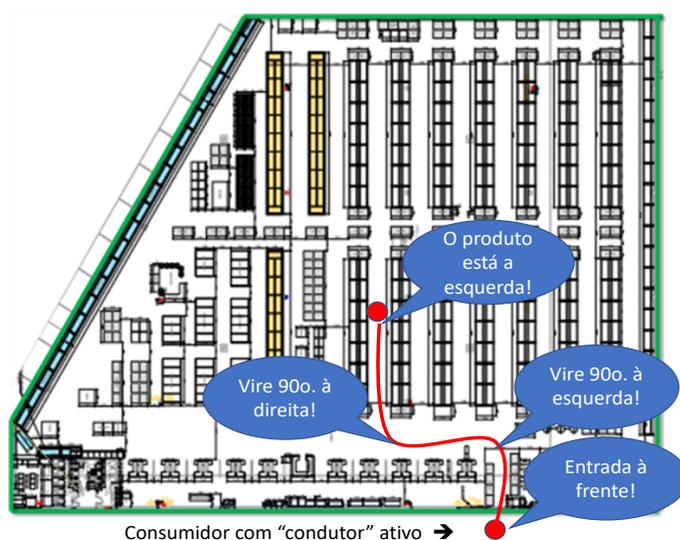
Fonte: o Autor

Similarmente, o mesmo processo de elaboração de rotas pode ser feito para áreas de maior amplitude, como *shopping centers*. Neste caso, o leiaute é a própria planta do edifício, com entradas, saídas, corredores, escadarias, áreas de segurança, etc. As lojas são os pontos de interesse que podem ser buscados no aplicativo de localização. O sistema traça sua rota de acordo com os interesses do consumidor, ou permite que se busque por produtos e o aplicativo o guia aos estabelecimentos que os comercializam.

Uma forma de utilizar os RTLS com foco nos segmentos social, segurança e saúde, é aplicá-lo no suporte a deficientes visuais. Esta solução pode permitir que

pessoas com limitações visuais possam circular em ambientes como hipermercados, *shopping centers*, entre outros. Aplicativos RTLS identificam onde está a pessoa dentro de uma área pré-definida, traçam rotas adequadas as suas necessidades e perfil, e iniciam o processo de condução assistida, passo a passo, até seu destino. De forma prática, o usuário pode utilizar comandos de voz e informar a aplicação que pretende chegar a certo local, e o aplicativo o orienta nesta condução, com mensagens de voz como “vire 45° à direita”, “vire 90° à esquerda”, “cuidado, há uma escada 80 cm a frente”, de acordo com a movimentação, direção, velocidade e ritmo do indivíduo conduzido (Figura 11).

Figura 11 - Funcionamento do suporte de condução de deficiente visuais



Fonte: o Autor

Em ambientes públicos, como universidades, o sistema de localização pode conduzir as pessoas às salas de aula, laboratórios, setores, departamentos, entre outros. Esta condução digital assistida é um grande diferencial de valor no apoio ao deficiente visual, aumentando sua independência e autonomia.

Para a finalidade desta aplicação de negócio, estabelece-se que a precisão necessária é de 10 cm, com desvio de 20 cm, em tempo real de localização. Uma das principais razões de se ter alta precisão é que, havendo grande desvio, a rota pode ser traçada em áreas que não são transitáveis, como paredes ou prateleiras, eventualmente ocasionando grande risco aos usuários.

Em seus estudos de localização em museus, Kosmopoulos e Styliaras (2017) avaliaram os resultados obtidos no encontro anual de localização digital promovido pela Microsoft em 2016, com sistemas baseados em Wi-Fi e uso do próprio *smartphone*, e confirmaram uma precisão média de 3 m do objeto alvo, considerando as variações do ambiente. Khade e Joge (2018) acompanharam os testes da Apple na solução de localização de *smartphones* fazendo uso de infraestrutura pré-existente de Wi-Fi, e os resultados alcançados foram em média de 2,5 m de precisão.

Com base no experimento de Nextome (2020) que utiliza *beacons* e *Bluetooth*, este funcionou adequadamente em *shopping centers*, alcançando a precisão média de 1,5 m. Contudo, sua precisão não se mostrou adequada o bastante para o “Condutor de Ambientes para Localização de Produtos” proposto. Este nível de desvio não proporciona condições de traçar rotas consistentes e conduzir os usuários seguramente entre as prateleiras. Esta variação pode ser ainda maior quando há obstáculos e problemas de sinal, ocasionando falhas graves dentro de ambientes nos quais os corredores podem ter larguras de pouco mais de 1 m, menores que a própria margem de erro.

Estas referências de localização de *smartphones* fazendo uso de infraestruturas tradicionais como o Wi-Fi e de *beacons* não se mostraram adequadas o suficiente para serem utilizadas em hipermercados.

5.3 Publicidade Personalizada Dinâmica por Localização Digital

A localização (Praça) é um dos 4 Ps considerados em campanhas de *marketing*¹. Contudo, no modelo proposto para a localização digital, a “personalização” passa a ser o quinto “P” da publicidade. A razão para tal inferência é a possibilidade de se identificar o consumidor antecipadamente e veicular-lhe propagandas personalizadas de acordo com seu perfil e interesse (GOLDSMITH, 1999). Também segundo Goldsmith (1999), no que tange aos RTLS, do ponto de vista publicitário, o melhor momento de estimular o consumo e quando o consumidor é quando este se encontra numa loja, pois ele se encontra propenso a comprar e os produtos lhe estão disponíveis. Em ambientes preparados para a publicidade por

¹ De acordo com Philip Kotler, os quatro Ps do marketing são Praça, Preço, Produto e Promoção (KOTLER; ARMSTRONG, 2017)

localização, o consumidor recebe mensagens customizadas de acordo com seu perfil enquanto caminha pelo hipermercado. Aplicações RTLS calculam a distância da pessoa dos monitores e acionam as peças publicitárias dinamicamente, em tempo de que este possa vê-la e continuar sua rota. Este processo pode acontecer por várias vezes para um mesmo consumidor, com diferentes conteúdos e em diversos monitores diferentes, numa mesma visita (Figura 12). Embora mais cara para se implementar, a proposta de se utilizar monitores espalhados estrategicamente em um hipermercado tem a vantagem de que, ao caminhar, a pessoa está naturalmente olhando para frente. Este simples fato pode ser a diferença entre alcançar a atenção do consumidor de forma simples e natural, a altura de seus olhos. Complementarmente, se pode utilizar o *smartphone* como outro canal de veiculação de publicidades por localização, apresentando as propagandas enquanto caminha pela loja. A proposta é que estes dois canais, *smartphones* e monitores, recebam simultaneamente as mesmas publicidades nos mesmos locais por onde passa, deixando a critério do consumidor o que melhor lhe atende. Isto amplia o alcance da campanha e valoriza a preferência do consumidor quanto ao canal a usar. Este processo é correlato ao utilizado por Spachos e Plataniotis (2020) em seu trabalho de mostrar nos telefones dos visitantes as informações das obras de arte em museus equipados com *beacons* (Figura 12).

Figura 12 - Consumidor recebe publicidade personalizada por aproximação



Fonte: o Autor

Em um ambiente com muitas pessoas, o RTLS cria uma “fila virtual” de acordo com a sequência de pessoas se aproximando e informa o sistema de publicidade a ordem de apresentação. O gatilho para se apresentar uma peça publicitária é disparado pelo RTLS no momento mais adequado de acordo com a distância, direção e velocidade do consumidor em relação ao monitor.

Muitas das promoções, descontos, bonificações e premiações de programas de fidelidade são desconhecidos ou pouco utilizados pelos clientes de hipermercados. Estes benefícios são perdidos quando não aproveitados em seu tempo de validade. Da mesma forma que os consumidores não aproveitam o que lhes é oferecido, os hipermercados não se beneficiam plenamente destes programas quanto ao retorno dos consumidores. Há um espaço potencial de aproveitamento destes recursos ao se integrar estes programas a localização de tempo real (JIMENEZ; MEJÍA, 2018). O incentivo à participação nos programas de fidelização pode ser feito em grande parte de forma digital, ao se apresentar informações dos próprios programas usando o RTLS para campanhas de marketing sobre este tema.

Aplicações de localização monitoram as visitas de um cliente a loja. Quando integrados aos sistemas do estabelecimento, proporcionam informações importantes sobre qual o real resultado das campanhas de fidelização e *marketing* do negócio.

Adicionalmente, os sistemas publicitários integrados ao RTLS podem fazer uso do histórico de navegação do consumidor nos canais digitais, como buscas e compras realizadas na internet, como em sítios de comércio eletrônico e *websites* do comerciante. Seus interesses são redirecionados para o ambiente físico, dando continuidade as mesmas campanhas veiculadas *online*. Desta forma, os produtos vistos na internet são apresentados nos monitores distribuídos no hipermercado. Este é um exemplo da publicidade ubíqua, pois integra o físico ao virtual, de forma personalizada e dinâmica. Como explorado por Sorensen et al. (2017), a análise do comportamento do consumidor dentro de um hipermercado passa a ser mais completo e preciso, ampliando as análises possíveis que permitem melhorar tanto o leiaute físico quanto a distribuição dos produtos, e também avaliar os resultados das vendas e aprimorar as campanhas de *marketing*.

Para os propósitos desta aplicação de negócio, idealiza-se ter uma precisão média de 30 cm, com desvio máximo de 60 cm. Isto permite que aplicações em tempo real sincronize a apresentação das campanhas publicitárias de acordo com a distância e tempo de chegada do cliente ao monitor mais próximo.

De acordo com os resultados da Nextome (2020), a localização alcançada tem a precisão média de 1,5 m entre o consumidor e o objeto alvo. Esta variação, quando aplicada em um ambiente dinâmico e oscilante como de um hipermercado, se mostra pouco adequada para aplicações RTLS. A falta de consistência na precisão da localização não assegura que os gatilhos de uma peça publicitária sejam disparados no momento adequado, podendo o consumidor ainda estar longe demais para ver a propaganda, como já ter passado por ela. Desta forma, se torna difícil garantir o sincronismo entre local e tempo de deslocamento, fatores essenciais para o *marketing* de localização.

5.4 Pagamento por Identificação e Localização Dinâmica

Corroborando com o levantamento realizado pela consultoria Deloitte em 2015, em seu relatório “*Making an impact that matters*” (“Fazendo um impacto que importa”), *smartphones* tornar-se-ão “carteiras”, ou mais precisamente, permitirão que pagamentos sejam realizados sem a necessidade de se carregar dinheiro em espécie ou cartões de crédito. A Google tem realizado testes de pagamento “sem uso das mãos”, nos quais consumidores não precisam tirar seus telefones dos bolsos para efetivar suas compras (ENGADGET, 2017), enquanto a Amazon tem desenvolvido um hipermercado onde os carrinhos leem os produtos que são colocados neles, calculam o total da compra, e ao sair da loja, o cartão do cliente é automaticamente debitado (JOHNSTON, 2018).

A proposta de utilizar RTLS para a realização de pagamentos traz uma renovação neste tipo de operação. A começar da relação da proximidade física do *smartphone* e do equipamento de Ponto de Venda (PDV) do comerciante. Como referência, hoje existem telefones que possuem a tecnologia *Near Field Communication* (NFC) que permite a troca de informações sem fio entre equipamentos que estejam a, no máximo, 10 cm entre eles. Estes se conectam automaticamente com o objetivo único de realizar a operação de pagamento, pedindo a autorização do proprietário do *smartphone*, conforme as informações passadas pelo PDV do comerciante. Esta modalidade de pagamento já é bem conhecida do comércio e praticada com naturalidade (SAJID, 2016). O pagamento por RTLS identifica o

proprietário pela proximidade, que deve estar num raio de 1 m, distância média de alguém que passa por caixa tradicional de hipermercado. O RTLS identifica sua passagem e aciona o modo de pagamento, que coloca o sistema em estado de espera, aguardando o valor da compra, que é informado pelo caixa em seu PDV. Se o comprador se movimentar para fora do raio e não estiver perto o suficiente para caracterizar como sendo sua a compra, o próprio sistema solicita que o cliente se aproxime mais do caixa. Neste caso, o cliente ainda pode estar com seu equipamento no bolso ou bolsa, o que torna esta modalidade ainda mais inovadora. Diferentemente da conexão direta via NFC, a proposta é que os equipamentos se conectem indiretamente pelo sistema de localização e recebam simultaneamente e em paralelo a solicitação de operação de pagamento. O cliente pode confirmar a compra em seu próprio telefone, com ou sem senha de segurança, ou no equipamento PDV do comerciante, que neste caso, demanda a entrada de senha de autorização. Opcionalmente, o cliente pode solicitar que seus próprios dados, como nome, fotografia, endereço ou Cadastro de Pessoa Física (CPF), sejam apresentados no PDV. Este processo é uma forma de garantir a segurança da operação e evitar que outra pessoa o utilize indevidamente, como no caso de um telefone roubado. Desta maneira, o atendente se certifica da autenticidade do cliente e concede o pagamento. O próprio comprador parametriza e escolhe a forma e onde quer pagar. Depois de autorizada, ambos equipamentos recebem a confirmação da operação, debitando e creditando as devidas contas ou cartões (Figura 13).

Figura 13 - Pagamento por localização



Fonte: o Autor

De forma prática, pagamentos por identificação e localização dinâmica tem o potencial de criar um novo canal na forma como pagamentos são realizados, pois há vários benefícios em utilizá-la. Uma delas é a conveniência de não precisar tocar em seus próprios cartões, e possivelmente, nem mesmo no próprio *smartphone*, bastando este estar junto ao proprietário. O simples ato de se posicionar próximo ao caixa já caracteriza sua intenção de pagar, fazendo com que o RTLS conecte automaticamente o PDV mais próximo para realizar o pagamento deste cliente, sem que esse tenha se identificado anteriormente, já que o sistema sabe de quem se trata. Não é necessário fornecer qualquer identificação como CPF ou cartão fidelidade para acúmulo dos pontos. O RTLS, aos moldes do NFC, armazena os dados dos cartões do cliente, cabendo a ele definir qual é o de sua preferência. O sistema de pagamento RTLS permite uma melhor gestão das informações de pagamento para ambas as partes, incluindo ao cliente, que pode rastrear imediatamente o que foi ou está sendo pago, e verificar sua autenticidade dinamicamente, como num extrato de conta corrente instantâneo.

Para um funcionamento adequado, esta aplicação de negócio requer uma precisão média de 20 cm, com desvio máximo de 40 cm, possibilitando que, ao se aproximar de um balcão ou totem de pagamento, o cliente seja prontamente identificado como realmente estando nesta posição, e inicie o processo de pagamento tanto no *smartphone* quanto no PDV.

As limitações atuais das tecnologias de localização baseadas em Wi-Fi ou *beacons* não permitem que esta modalidade de pagamento proposta seja prontamente implementada. A necessidade de se ter com precisão onde o cliente está, para que o módulo de pagamento seja ativado, não está dentro de padrões mínimo aceitáveis de precisão. Conforme apresentado por Kanaris et al. (2017), em ambiente com condições reais de oscilação, a fusão de duas técnicas de localização, usando RSSI de *beacons* com o uso de *Bluetooth* num ambiente pré-mapeado (técnica de *fingerprint*), chegou-se a média de 2,33 m. Nextome (2020) apresenta resultados mais favoráveis, com a precisão média de 1,5 m. Vale dizer que, ao se calcular a distância entre dois objetos móveis, *smartphone* e PDV, este desvio pode chegar a 3 m, já que cada equipamento tem sua distância calculada separadamente de acordo com sua própria localização.

5.5 Integrando as Propostas de Localização Física Digital em um Hipermercado

O uso integrado destas propostas funcionais de localização física digital num sistema de tempo real pode revolucionar a forma como os ambientes comerciais se relacionam com seus clientes. A composição destes serviços oferece uma nova experiência ao consumidor e aos estabelecimentos comerciais. Sua presença física se torna o principal gatilho de várias interações entre negócio e o cliente.

Em primeira instância, a gestão do ambiente, a distribuição e disposição dos produtos, e a dinâmica da circulação das pessoas é planejada de forma mais ampla e precisa, fundamentada em dados. Análises históricas da distribuição dos produtos e da circulação das pessoas, capturadas num mapa de calor, permite otimizar espaços e melhorar a experiência dos consumidores nestes ambientes. Tudo começa com o mapa de calor, que permite análises históricas estáticas e dinâmicas, individuais e de grupos. Com o mapeamento realizado, a distribuição dos produtos se faz mais otimizada e adequada ao público local.

A proposta de condução dinâmica, que guia os consumidores diretamente aos produtos que lhes interessam, traz uma experiência única de praticidade e rapidez. Soma-se o benefício de se integrar os programas de fidelização, que identificam quem esteve na loja, e pode guia-los aos produtos promocionais numa rota desenhada de acordo com seu perfil. Ao mesmo tempo permite atender as necessidades de deficientes visuais, proporcionando-lhes maior independência quando em hipermercados.

Estes consumidores ainda podem se beneficiar de publicidades customizadas em sua rota dentro da loja, ofertando-lhes produtos de interesse e adequados a suas necessidade e estilo, conforme sua prévia autorização. Dados históricos *online* do cliente podem ser alimentados no sistema publicitário da loja física, para que o RTLS passe a mostrar nos monitores os produtos que este tem pesquisado na internet, para que possa levá-los imediatamente.

E, por fim, ao se encaminhar para o pagamento, o sistema de localização pode direcioná-lo para o caixa mais próximo com a menor fila, de acordo com seu controle de pessoas posicionadas nos caixas. Ao se aproximar suficientemente do caixa para o pagamento, o sistema de localização aguarda a passagem dos itens comprados e aguarda que o RTLS dispare simultaneamente para o *smartphone* do consumidor e PDV do comerciante a solicitação de autorização do pagamento. O consumidor opta

por onde pagar, escolhendo qualquer um dos equipamentos, sem a necessidade de acessar seu telefone.

5.6 Considerações Sobre o Capítulo

A visão prática de como as propostas apresentadas funcionam mostra que, isoladas ou atuando de forma integrada, há uma nova forma de se relacionar e interagir com os consumidores. Cada vez mais a experiência proporcionada aos clientes fará diferença no interesse deste em voltar ao estabelecimento. De acordo com a percepção de como foi tratado e seus interesses atendidos de acordo com seu perfil, maiores serão as chances deste consumidor voltar a loja para novas experiências. A localização física digital abre possibilidades inovadoras e, potencialmente, disruptivas.

6 CONCLUSÃO

As aplicações de negócio baseadas na localização digital avaliadas mostram que há valor agregado aos clientes e hipermercados. Como benefícios podem-se citar: (i) informações para melhoria do leiaute da loja; (ii) distribuição dos produtos; circulação dos consumidores; (iii) criação de rotas aos produtos pesquisados; (iv) publicidade dinâmica e personalizada; (v) gestão de fila do caixa, informação para programas de fidelização; e (vi) pagamentos por aproximação.

Contudo, ao se concentrar nas premissas de preexistência de recursos, como o uso de *smartphones* habilitados com Wi-Fi ou *Bluetooth* para os usuários; e na infraestrutura com padrão de mercado com base em Wi-Fi ou *beacons* nos estabelecimentos, os métodos e tecnologias consideradas não se mostram adequadas quando em ambientes reais e dinâmicos. Alguns fatores podem ser observados como:

- I - o melhor desvio médio das localizações apresentadas para ambientes dinâmicos é de 1,50 m;
- II - o resultado das localizações é inconstante, variando a cada operação;
- III - ambientes densos e de constante circulação ocasionam desvios e oscilações importantes, com resultados imprevisíveis.

Para que as propostas de localização em tempo real em ambientes dinâmicos tenham condições técnicas de serem implementadas, a variação de comportamento dos sinais nos ambientes em situação real deve ser reduzida, e deve ser possível sua administração de forma consistente.

Com exceção para o mapa de calor, que faz uso de posicionamentos históricos, e que podem usar as coordenadas de forma aproximada pode ser considerado como uma aplicação viável de ser implementada por não trazer riscos aos usuários. Depende, assim, das exigências do negócio quanto a precisão necessária e seus propósitos.

Quanto as demais aplicações analisadas, fica evidenciado que, sem uma maior precisão e estabilidade das soluções de localização analisadas, estas não se mostram adequadas para que sejam viabilizadas comercialmente. A margem de variação das localizações em tempo real excede o limite de desvio razoável que garantiria uma rota segura para o consumidor ou mesmo a certeza de que ele está numa posição

adequada para realizar um pagamento ou receber uma peça publicitária. Desta forma, dada as condições de negócio apresentadas, as características técnicas utilizadas, e os resultados alcançados, não se recomenda o uso da localização digital nas propostas de pagamento identificado e por localização, publicidade personalizada dinâmica e condutor de ambientes para a localização de produtos.

6.1 Contribuições Complementares

Este trabalho contribuiu ao propor e explorar aplicações de negócio inexistentes comercialmente na atualidade e sistematizar as informações sobre alguns dos principais métodos de localização digital existentes, demonstrando sua aplicabilidade prática em ambientes dinâmicos e reais e explicitando suas principais dificuldades para que venham a ser utilizados comercialmente em grande escala. Evidenciou-se um segmento da tecnologia que carece de soluções e que potencialmente pode ser um nicho a ser explorado tanto acadêmica como comercialmente. Desta forma, as principais contribuições deste trabalho são:

6.1.1 Pesquisas Tecnológicas

Aos que têm o âmago da inovação em seu perfil, e apreciam ou vivem da tecnologia, podem considerar a localização digital como um desafio a ser explorado. A principal satisfação dos inovadores, é encontrar uma forma de responder as perguntas que ainda se encontram sem solução, e este segmento se mostra com um grande potencial para novidades.

Devem ser ampliadas os estudos de localização em sensores de IoT, além dos smartphones considerados neste trabalho;

6.1.2 Aplicações de Negócio Inexploradas

As propostas de negócios com foco na localização digital muito em breve terão seu momento, e poderão ser exploradas comercialmente, e não somente para uso nos hipermercados. São muitas as opções de negócio para se trabalhar, deste o

próprio varejo, incluindo a indústria, hospitais, educação, eventos, cidades inteligentes, entre outras.

7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES ANATEL. **Acessos de Telefonia Móvel no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/dados/destaque-1/283-acessos-smp>>. Acesso em: 03 março 2020.

AZIZYAN, M. et al. SurroundSense: Mobile Phone Localization via Ambience Fingerprinting. In: MOBICOM, 2009, Beijing, China. **Proceedings of the 15th annual international conference on Mobile computing and networking**, September, 2009, p. 261– 272.

BAI, Y. B. et al. An Accuracy Enhancement Algorithm for Fingerprinting Method. **Proceeding of 2014 International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA'2014)**, 2014, Shanghai, China.

BAI, Y. B. et al. A new method for improving Wi-Fi-based indoor positioning accuracy. **Journal of Location Based Services**, 2014, v. 8:3, p. 135-147, DOI: 10.1080/17489725.2014.977362.

BING, W. et al. A High-precision Dynamic Indoor Localization Algorithm Based on UWB Technology. In: Ubiquitous Positioning Indoor Navigation And Location Based Service (UPINLBS), 2018, Wuhan, China. **Proceedings ...**, 2018, Wuhan, China, p. 1-7.

BHARGAVA, P. et al. Locus: robust and calibration-free indoor localization, tracking and navigation for multistory buildings. **Journal of Location Based Services**, v. 9. n. 3, p. 187-208, 2015.

BRASIL. Lei nº. 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 Agosto 2018, Ed. 157, Seção 1, p. 59.

BROOKS, C. Shoppers Still Prefer In-Store Over Online Shopping. **Business Daily News**, Feb. 2015. Disponível em: <<http://www.businessnewsdaily.com/7756-online-shopping-preferences.html>> Acesso em: 10 outubro 2019.

CAI, J.. The Less Communicated Story of Location Based Service in Retail Applications. In: International Multiconference Of Engineers And Computer Scientists, 2014, Hong Kong. **Proceedings ...**, 2014, Hong Kong.

CAO, Z. et al. EyeLoc: Smartphone Vision Enabled Plug-n-play Indoor Localization in Large Shopping Malls. In: 2019 IEEE International Symposium On Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN), 2019, Newark. **Proceedings...**, Newark, NJ, USA, 2019, p. 1-10.

DAVIS, F. D. A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results. **Massachusetts Institute of Technology**, 1985.

DOBSON, J. E., FISHER, P. F. The Panopticon's Changing Geography. **Geographical Review**, 2007, v. 97:3, p. 307-323.
DOI: 10.1111/j.1931-0846.2007.tb00508.x

DOBSON, J. E. Big Brother has evolved. **Nature**, 2009, v. 458, p. 968.
<https://doi.org/10.1038/458968a>.

DUMBGEN, F. et al. Multi-Modal Probabilistic Indoor Localization on a Smartphone. In: International Conference On Indoor Positioning And Indoor Navigation (IPIN), 2019, Pisa, Italy. **Proceedings ...**, 2019, Pisa, Italy, 626.

EHRlich, C. R.; BLANKENBACH, J. Pedestrian Localisation inside buildings based on multi-sensor *smartphones*. In: Ubiquitous Positioning Indoor Navigation And Location Based Service (UPINLBS), 2018, Wuhan, China. **Proceedings ...**, 2018, Wuhan, China.

ENGADGET. **Google gives up on 'Hands Free' wireless mobile payments.**

February 2, 2017. <https://www.engadget.com/2017-02-02-google-gives-up-on-hands-free-wireless-mobile-payments.html>. Acesso em: 15 Nov 2020.

ESTADO DE MINAS. **Confira agora a lista dos celulares mais vendidos em 2020, 2020.** Disponível em:

https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2020/10/27/internas_economia,1198512/confira-agora-a-lista-dos-celulares-mais-vendidos-em-2020.shtml. Acesso em 15 março 2021.

FERRACUTI, C. et al. A business application of RTLS technology in Intelligent Retail Environment: Defining the shopper's preferred path and its segmentation.

Journal of Retailing and Consumer Services, March 2019, v. 47, p. 184-194.

GENTILE, C., KIK, A. A Comprehensive Evaluation of Indoor Ranging Using Ultra-Wideband Technology. **J Wireless Com Network**, 2007.

<https://doi.org/10.1155/2007/86031>.

GIKAS, V. et al. A low-cost wireless sensors positioning solution for indoor parking facilities management. **Journal of Location Based Services**, v. 10, n. 4, p. 241-261, 2016.

GOLDSMITH, R. E. The personalised marketplace: beyond the 4Ps. **Marketing Intelligence & Planning**, 1999, v. 17, n. 4, p. 178-185.

<https://doi.org/10.1108/02634509910275917>

GU, F.; NIU, J.; DUAN, L. WAIPO: A Fusion-Based Collaborative Indoor Localization System on *Smartphones*. **IEEE/ACM Transactions on Network**, v. 25, n. 4, 2017.

GUO, G. et al. Indoor Smartphone Localization: A Hybrid Wi-Fi RTT-RSS Ranging Approach. In: Ubiquitous Positioning Indoor Navigation And Location Based Service (UPINLBS), 2018, Wuhan, China. **Proceedings ...**, 2018, Wuhan, China.

HUI, S. K., BRADLOW, E. T., FADER, P. S. Testing Behavioral Hypotheses Using an Integrated Model of Grocery Store Shopping Path and Purchase Behavior, **Journal**

of **Consumer Research**, October 2009, v. 36, l. 3, p. 478–493. <https://doi.org/10.1086/599046>.

JIMÉNEZ, J. A.; MEJÍA, C. R. **Aplicación de los sistemas RTLS a hipermercados en los estratos 5 y 6 de la ciudad de Medellín**. Tese de Maestria por la Universidad de EIA, 2018, Colômbia. Disponível em: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/1937>. Acesso em: 13 de novembro 2020.

JOHNSTON, C. Amazon opens a supermarket with no checkouts. **BBC News**, 22 January 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/business-42769096>. Acesso em: 15 Nov. 2020.

KOSMOPOULOS, D.; STYLIARAS, G. A survey on developing personalized content services in museums. **Computer Science Review**, Vol. 24, May 2017, p. 1-12.

KOTARU, M. et al. SpotFi: Decimeter Level Localization Using WiFi. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, v. 45, i. 4, 2015.

LEECH, J. A. et al. It's about time: A comparison of Canadian and American time–activity patterns. **Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology**, 2002, c. 12, p. 427–432.

LIANG, P.; KRAUSE, P.. Smartphone-Based Real-Time Indoor Location Tracking With 1-m Precision. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 20, n. 3, May 2016.

LIU, J. et al. iParking: An Intelligent Indoor Location-Based Smartphone Parking Service. **Sensors**, 2012, v. 12, p. 14612-14629.

LOPEZ-PASTOR, J. A. et al. Evaluation of an indoor positioning system for added-value services in a mall. In: International Conference On Indoor Positioning And Indoor Navigation (IPIN), 2019, Pisa, Italy. **Proceedings ...**, 2019, Pisa, Italy, 626.

KANARIS, L.; KOKKINIS, A.; LIOTTA, A.; STAVROU, S. Fusing Bluetooth Beacon Data with Wi-Fi Radiomaps for Improved Indoor Localization. **Sensors**, 2017, v. 17, p. 812.

KHADE, A. M.; JOGE, S. G. Wi-Fi Indoor Positioning System. **Journal of Image Processing and Artificial Intelligence**, 2016, v. 2, i. 1.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G.. **Princípios de Marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MANI, Z.; CHOUK, I.. Impact of privacy concerns on resistance to smart services: does the 'Big Brother effect' matter? **Journal of Marketing Management**, 2019, 35:15-16, 1460-1479. DOI: 10.1080/0267257X.2019.1667856.

MATHEUS, L. E. M. et al. Comunicação por Luz Visível: Conceitos, Aplicações e Desafios. In: **Livro de Minicursos SBRC 2017. Sociedade Brasileira de Computação**, 2017, c. 6, p. 247-296.

MOLINA, B. et al. A Multimodal Fingerprint-Based Indoor Positioning System for Airports. **IEEE Access**, 2018, v. 6, p. 10092-10106.

MOAYERI, N. et al. Indoor Localization Accuracy of Major Smartphone Location Apps. In: **2019 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). Proceedings ...**, USA, 2019.

NEXTOME. **Nextome: Technical Data Sheet**, 2020. Disponível em: <https://www.nextome.net/software-ips/>. Acesso em: 26 março 2021.

PURICER, P.; KOVAR, P. Technical Limitations of GNSS Receivers in Indoor Positioning. In: 17th International Conference Radioelektronika. **Proceedings ...** Brno, 2007, p. 1-5, doi: 10.1109/RADIOELEK.2007.371487.

PWC. **Global Consumer Insights Survey**, 2018. Disponível em: <https://www.pwc.com/us/en/search->

results.html?searchfield=Global+Consumer+Insights+Survey+2018&tp=long&pwcGeo=US&pwcLang=en&pwcHideLevel=0&pwcSiteSection=>. Acesso em: 10 maio 2020.

REA, M. et al. Robust WiFi Time-of-Flight Positioning System. In: The 15th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks - Microsoft Indoor Localization Competition (IPSN 2016). **Proceedings ...**, Vienna, Austria, 2016.

RENAUDIN, V. et al. Evaluating Indoor Positioning Systems in a Shopping Mall: The Lessons Learned From the IPIN 2018 Competition. **IEEE Access**, 2019. Doi: 10.1109/ACCESS.2019.2944389.

ROY, S. K.; BALAJI, M. S.; QUAZI, A.; QUADDUS, M. Predictors of customer acceptance of and resistance to smart technologies in the retail sector. **Journal of Retailing and Consumer Services**, May 2018, v. 42, p. 147-160.
<https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2018.02.005>

SAJID, O.; HADDARA, M. NFC mobile payments: Are we ready for them? SAI Computing Conference (SAI). **Proceedings ...** London, 2016, p. 960-967.
DOI: 10.1109/SAI.2016.7556096.

SAPUTRA, E. R. S. H.; UTAMI, E.; NASIRI, A. Implementation of Location Based Service on Monitoring System of Visually Impaired Position with A-GPS Method. In: 3rd International Conference On Information Technology System And Electrical Engineering (ICITISEE), 2018, Yogyakarta, Indonesia. **Proceedings ...**, Yogyakarta, Indonesia, 2018. p. 271-275.

SORENSEN, H. et al. Fundamental patterns of in-store shopper behavior. **Journal of Retailing and Consumer Services**, July 2017, v. 37, p. 182-194.

SPACHOS, P.; PLATANIOTIS, K. N. BLE Beacons for Indoor Positioning at an Interactive IoT-Based Smart Museum. **IEEE Systems Journal**. 2020.

SPACHOS, P.; SADOWSKI, S. RSSI-Based Indoor Localization With the Internet of Things. **IEEE Access**, 2018. DOI 10.1109/ACCESS.2018.2843325.

STATISTA. **E-commerce share of total global retail sales from 2015 to 2023**, 2020. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/534123/e-commerce-share-of-retail-sales-worldwide/>. Acesso em: 31 outubro 2020.

STEFANI, A.; VASSILIADIS, B.; EFTHIMIADIS, Theofanis. Location-based E-Commerce Services: (Re-) Designing using the ISO9126 Standard. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 9, n. 8, 2018.

SUVARNA, A. J. et al. Beacon Technology. **International Journal of Computer Science and Mobile Computing**, June 2019, v. 8, i. 6, p. 100-105.

TATEOKI, V. A. A Proteção de Dados Pessoais e a Publicidade Comportamental. **Revista Juris UniToledo**, Araçatuba, SP, v.02, n. 01, p.62-75, jan/mar. 2017

TEOH, C. H.; KHOO, H. L.; KOMIYA, R. A novel dynamic localisation system for indoor and outdoor tracking. **Journal of Location Based Services**, 2019, v. 13:3, p. 178-212. DOI: 10.1080/17489725.2019.1606459

TIMETRADE. **The State of Retail, 2017**. Disponível em: <<https://www.timetrade.com/resource/state-retail-report-2017/?doc=eyJyaWQiOiIyIiwicGkljo2ODYzfQ=>>. Acesso em: 10 maio 2020.

WIELANDT, S.; STRYCKER, L. D. Indoor Multipath Assisted Angle of Arrival Localization. **Sensors**, 2017, Belgium, article 2522.

WU, C. et al. Mitigating Large Errors in WiFi-Based Indoor Localization for Smartphones. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v. 66, n. 7, July 2017.

XIA, H. et al. Indoor Localization on Smartphones Using Built-In Sensors and Map Constraints. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 68, n. 4, p. 1189-1198, April, 2019.

XIA, S.; LIU, Y.; YUAN, G.; ZHU, M.; WANG, Z. Indoor Fingerprint Based on Wi-Fi: An Overview. **ISPR International Journal Geo-Information**, v. 6, p. 135, 2017.

YOUNG, J. US ecommerce sales grow 14.9% in 2019. **Digital Commerce**, 19 fev. 2020. Disponível em: <<https://www.digitalcommerce360.com/article/us-ecommerce-sales/>> Acesso em: 24 abril 2020.

ZAFARI, F.; GKELIAS, A.; LEUNG, K. K. A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 21, n. 3, 2019.

ZOU, Q. et al. A VLC and IMU integration indoor positioning algorithm with weighted unscented Kalman filter. In: 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC). **Proceedings ...** Chengdu, China, 2017. p. 887-891. DOI: 10.1109/CompComm.2017.8322671.