

Carlos Eduardo Vilarinho

**UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO BASEADO NO
CONCEITO DE INTERNET DAS COISAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Bacharel em Tecnologias da
Informação e Comunicação.
Orientador: Prof. Dr. Alexandre
Leopoldo Gonçalves.

Araranguá
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vilarinho, Carlos Eduardo

Um sistema de recomendação baseado no conceito de internet das coisas / Carlos Eduardo Vilarinho ; orientador, Alexandre Leopoldo Gonçalves - Araranguá, SC, 2016.

81 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá. Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Inclui referências

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Sistemas de Recomendação. 3. Near Field Communication. 4. Internet das Coisas. I. Gonçalves, Alexandre Leopoldo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. III. Título.

Carlos Eduardo Vilarinho

UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO BASEADO NO CONCEITO DE INTERNET DAS COISAS

Esta Monografia foi julgada adequada para obtenção do Título de “Bacharel em Tecnologias da Informação e Comunicação”, e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Araranguá, 05 de Dezembro de 2016.


Prof.^a Patricia Jantsch Fiutza, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:


Prof. Alexandre Leopoldo Gonçalves, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof.^a Analúcia Schiaffino Morales, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof.^a Olga Yevseyeva, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a todos que estiveram a minha volta durante o desenvolvimento do mesmo, em especial a minha esposa, meus pais, e colegas de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família e em especial a minha avó Olivia pelo incentivo a carreira acadêmica, ao meu tio Erasmo por me inserir na área da computação aos 12 anos com meu primeiro computador *Pentium166*®, e a minha esposa Alessandra pelo apoio, orientação e compreensão.

Aos meus amigos, colegas e todos aqueles que de uma forma ou de outra, vieram a contribuir para minha formação.

E principalmente ao Orientador Prof. Dr. Alexandre Leopoldo Gonçalves pelo estímulo, dedicação e incentivo para realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Inteligência é a capacidade de se adaptar à mudança.

Stephen Hawking

RESUMO

Atualmente as tecnologias de redes sem fio proporcionam ao cenário da Internet das Coisas um ambiente favorável em que usuários, além de consumirem informações, também são os principais responsáveis para a geração de novos conteúdos, uma vez que com a utilização de sensores inteligentes estas interações ocorrem de maneira despercebida. Desta forma, os avanços da tecnologia de sensores sem fio têm provocado um aumento acelerado no volume de informações disponíveis e a consolidação do conceito de Computação Ubíqua. A partir disto, este trabalho reside na proposição de um sistema de recomendação utilizando-se da tecnologia de sensores sem fio para identificar possíveis interesses de usuários por itens em ambientes físicos, através das abordagens de filtragem colaborativa e baseada em conteúdo. Para permitir a avaliação da proposta deste trabalho foi desenvolvido um protótipo, onde o mesmo é aplicado em alguns cenários de uso viabilizando a coleta de dados de modo que estes dados possam ser utilizados em um processo de recomendação. Através da avaliação das informações processadas e geradas com a utilização do protótipo elaborado para este trabalho é possível sugerir itens de interesse aos usuários. Por fim, pode-se concluir que os resultados obtidos no cenário de identificação de interesse dos usuários são consistentes e permitem prover importantes subsídios para guiar usuários em suas escolhas futuras.

Palavras-chave: Sistemas de Recomendação; *Near Field Communication*; Internet das Coisas.

ABSTRACT

Nowadays wireless technologies provide to the Internet of Things a favorable environment in which users, in addition to consuming information, are also the main responsible for the generation of new content, since the use of intelligent sensors make such interactions more natural. In this way, advances in wireless sensor technology have accelerated the volume of information available, as well as, the consolidation of the concept of Ubiquitous Computing. From this, this work lies in the proposition of a recommendation system using wireless sensor technology to identify possible user interests for items in physical environments through collaborative filtering and content-based approaches. In order to allow the evaluation of the current work we developed a prototype and applied it in some scenarios of use, making data collection possible aiming to use it in a recommendation process. Through the evaluation of the processed and generated information with the use of the prototype developed in this work, it is possible to suggest items according users interest. Finally, it can be concluded that the results obtained in the scenario of the identification of interest from users are consistent and allow to provide important subsidies to guide users in their future choices.

Keywords: Recommender Systems; Near Field Communication; Internet of Things;

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Fluxograma dos objetivos propostos | 27 |
| Figura 2 – Tela do sistema de recomendação de restaurantes | 37 |
| Figura 3 – Sistema de recomendação de artefatos do museu | 39 |
| Figura 4 – Elementos de uma rede sem fio | 41 |
| Figura 5 – Exemplos de utilização do NFC | 46 |
| Figura 6 – Dispositivo POS com NFC | 47 |
| Figura 7 – Leitura de NFC em um cartão inteligente..... | 47 |
| Figura 8 – Plano de canais para o Bluetooth Low Energy | 50 |
| Figura 9 – RFID e Código de Barras | 53 |
| Figura 10 – Arquitetura lógica do sistema proposto. | 56 |
| Figura 11 – Arquitetura física do sistema proposto. | 57 |
| Figura 12 – Área de alcance dos sensores..... | 59 |
| Figura 13 – Tela inicial do Aplicativo | 62 |
| Figura 14 – Tela de inclusão de nova TAG | 63 |
| Figura 15 – Tela de leitura de TAG | 63 |
| Figura 16 – Tela de Recomendação | 64 |
| Figura 17 – Modelo de Dados..... | 65 |
| Figura 18 – Cenário do sistema proposto..... | 67 |
| Figura 19 – TAG NFC. | 68 |
| Figura 20 – Leitura de TAG. | 69 |
| Figura 21 – Consulta das interações na base de dados..... | 70 |
| Figura 22 – Consulta de itens adquiridos..... | 71 |
| Figura 23 – Resultado da recomendação de itens com interesse. | 71 |
| Figura 24 – Resultado do processo de recomendação na base de dados..... | 72 |
| Figura 25 – Resultado da recomendação colaborativa..... | 73 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Recomendação baseada em filtragem colaborativa..... | 32 |
| Tabela 2 – Métodos empregados na recomendação híbrida..... | 34 |
| Tabela 3 – Comparação do NFC com Bluetooth | 45 |
| Tabela 4 – Padrões 802.11 | 51 |
| Tabela 5 – Tabela de itens em interesse para abordagem colaborativa..... | 72 |
| Tabela 6 – Tabela de itens adquiridos para abordagem colaborativa..... | 73 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API – *Application Programming Interface*
BLE – *Bluetooth Low Energy*
ECMA – *Electronic Computer Manufacturers Association*
FBC – *Filtragem Baseada em Conteúdo*
FC – *Filtragem Colaborativa*
ID – *Identificador*
IEC – *International Electrotechnical Commission*
IOT – *Internet of Things*
ISO – *International Standardization Organization*
JDBC – *Java Database Connectivity*
JPA – *Java Persistence API*
JSON – *JavaScript Object Notation*
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*
NFC – *Near Field Communication*
POS – *Point of Sale*
RFID – *Radio Frequency Identification*
SQL – *Structured Query Language*
SR – *Sistemas de Recomendação*
TCP – *Transmission Control Protocol*
UFSC – *Universidade Federal de Santa Catarina*
WLAN – *Wireless Local Area Network*
WMAN – *Wireless Metropolitan Area Network*
WPAN – *Wireless Personal Area Network*
WWAN – *Wireless Wide Area Network*

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| SUMÁRIO..... | 21 |
| 1 INTRODUÇÃO | 23 |
| 1.1 PROBLEMÁTICA..... | 25 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 26 |
| 1.2.1 <i>Objetivo Geral</i> | 26 |
| 1.2.2 <i>Objetivos Especificos</i> | 26 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO | 26 |
| 1.4 METODOLOGIA | 27 |
| 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO | 28 |
| 2 SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO | 29 |
| 2.1 INTRODUÇÃO | 29 |
| 2.2 ABORDAGENS..... | 30 |
| 2.2.1 <i>Filtragem Colaborativa</i> | 31 |
| 2.2.2 <i>Baseada em Conteúdo</i> | 32 |
| 2.2.3 <i>Híbrida</i> | 33 |
| 2.2.4 <i>Baseada em Conhecimento</i> | 34 |
| 2.2.5 <i>Outras</i> | 35 |
| 2.3 APLICAÇÕES..... | 36 |
| 3 REDES SEM FIO | 40 |
| 3.1 INTRODUÇÃO | 40 |
| 3.1.1 <i>Desenvolvimentos recentes</i> | 41 |
| 3.1.2 <i>Vantagens e desvantagens do uso de redes</i> | 42 |
| 3.2 TECNOLOGIAS | 44 |
| 3.2.1 <i>NFC</i> | 44 |
| 3.2.2 <i>Bluetooth</i> | 49 |
| 3.2.3 <i>Wi-fi</i> | 50 |
| 3.3 INTERNET DAS COISAS..... | 51 |
| 4 SISTEMA PROPOSTO | 54 |
| 4.1 INTRODUÇÃO | 54 |
| 4.2 REQUISITOS | 55 |
| 4.2.1 <i>Requisitos funcionais</i> | 55 |
| 4.2.2 <i>Requisitos não funcionais</i> | 56 |
| 4.3 ARQUITETURA | 56 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3.1 Arquitetura Lógica | 56 |
| 4.3.2 Arquitetura Física..... | 57 |
| 4.3.3 Sensor sem fio..... | 58 |
| 4.3.4 Modelo de Dados..... | 64 |
| 4.3.5 Geração de Recomendações..... | 65 |
| 5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS..... | 67 |
| 5.1 CENÁRIO DE APLICAÇÃO..... | 67 |
| 5.2 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO | 68 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 74 |
| REFERENCIAS..... | 76 |

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais a comunicação por meio de tecnologias sem fio e a utilização de dispositivos móveis permitem aos usuários a produção e o consumo de conteúdo de uma maneira mais intuitiva e flexível.

Considerando o conceito de rede sem fio, diversos tipos de protocolos e tecnologias foram criados, sendo agrupadas de acordo com a capacidade de seu alcance, com base nos modelos e definições aplicadas nas redes de comunicação cabeadas (FOURTY et al., 2005):

WPAN, Wireless Personal Area Network;

WLAN, Wireless Local Area Network;

WMAN, Wireless Metropolitan Area Network;

WWAN, Wireless Wide Area Network.

Entre as tecnologias que permitem a comunicação sem fio alguma vem se destacando, citam-se a *Wi-Fi* e a *Bluetooth*. A tecnologia *Wi-Fi*, está classificada como WLAN e a tecnologia *Bluetooth* classificada como WPAN. Geralmente, o objetivo da tecnologia *Wi-Fi* é promover o acesso à Internet, por abranger uma área de centenas de metros, permitindo que se estabeleça uma rede de comunicação. Já a tecnologia *Bluetooth*, foi desenvolvida pela *Ericsson Mobile Communications®*, com objetivo inicial de estabelecer uma comunicação sem fio entre um telefone celular e seus acessórios. Atualmente, já é possível ser utilizada uma comunicação entre dois dispositivos, substituindo ligações ponto a ponto realizadas por cabos (FOURTY et al., 2005).

O crescimento dos dispositivos que passaram a integrar o *Bluetooth* torna-a atualmente uma tecnologia com potencial para interligar dispositivos móveis, acessórios e sensores (SANTOS, 2007).

A tecnologia *Bluetooth* está consolidada no mercado, e é utilizada na conexão de dispositivos, exercendo, por exemplo, funções de transferências de arquivos e coleta de dados. Promove assim, em cada projeto, uma forma de atuar e uma maneira única de uso, estando em constante crescimento (BOUALOUACHE et al., 2015).

A partir deste contexto surge o conceito de Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* ou IoT, que determina uma presença difusa de objetos, sensores, identificação por rádio frequência (*Radio-Frequency Identification* - RFID), telefones celulares, todos conectados a uma rede de comunicação (CHO; KYUNG; BAEK, 2013).

A Internet das Coisas surgiu na década de 90, quando alguns dispositivos começaram a ser conectados à Internet. Em 1999 o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) dedicava-se ao desenvolvimento da tecnologia RFID, quando o diretor executivo Kevin

Ashton definiu o conceito de Internet das Coisas(SURESH; DANIEL; ASWATHY, 2014).

A Internet das Coisas é vista como uma tecnologia emergente, pois desde o surgimento da *Internet*, esta é a primeira evolução real em que aplicações revolucionárias possuem potencial para melhorar consideravelmente a forma como as pessoas interagem com as rotinas sociais (GREENGARD, 2015).

Diversas são as tecnologias existentes que podem ser aplicadas no contexto de Internet das Coisas, dificultando a escolha de qual seria a mais adequada em determinado cenário. Segundo Suresh, Daniel e Aswathy (2014), para esta escolha é necessário levar em conta qual o escopo do projeto pretendido, sendo que cada uma das tecnologias tem suas vantagens.

A última atualização da tecnologia *Bluetooth*, chamada de BLE (*Bluetooth Low Energy*) ou ainda *Bluetooth Smart* foi elaborada com o intuito de obter melhores resultados em seu uso nos dispositivos com restrição de energia, sensores e controles sem fio (CHANG; CONSULTING, 2014). A implantação da tecnologia *Bluetooth* em diversos dispositivos eletrônicos vestíveis demonstra um cenário em que a Internet das Coisas pode atuar (SURESH; DANIEL; ASWATHY, 2014).

Diante dos avanços das redes sem fio o NFC (*Near Field Communication*) se destaca por utilizar um padrão de comunicação que se limita em média a uma distância de 10 cm, com o funcionamento baseado no protocolo RFID. Através da aproximação ou um simples toque entre dispositivos uma comunicação rápida e segura é estabelecida, simplificando transações, trocas de informações e a conectividade entre dispositivos (DRAGUSHA; KOSUMI, 2013; KATIYAR; GUPTA; GUPTA, 2014).

A utilização de sensores sem fio juntamente com dispositivos móveis promove novos meios de capturar, analisar e prover informações que de alguma maneira possam auxiliar os usuários. Neste cenário, diversas áreas vêm se desenvolvendo, entre elas, a área de Sistemas de Recomendação.

Os Sistemas de Recomendação objetivam o provimento de sugestões aderentes à determinado usuário quando este possui um grandenúmero de opções(RICCI et al., 2011). De modo geral, os Sistemas de Recomendação têm sido desenvolvidos para direcionar usuários a localizarem itens de interesse através da aglomeração da informação coletada através da interação de diversos usuários (CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010). Por itens de interesse,

entende-se como qualquer produto, serviço ou conteúdo que possa ser de interesse de determinado usuário.

Os Sistemas de Recomendação se tornaram uma importante área de pesquisa desde meados de 1990. Para tal, se utilizam de algumas abordagens, entre as principais, a Filtragem Colaborativa (FC) e a Filtragem baseada em Conteúdo (FBC). A Filtragem Colaborativa propõe a seleção de informações ou padrões por meio de técnicas que utilizem a colaboração de múltiplos usuários. Por outro lado, a Filtragem Baseada em Conteúdo baseia-se nas características dos objetos que serão recomendados, sendo que o objetivo é recomendar itens que são semelhantes ao interesse que determinado usuário possui (RESNICK et al. 1994; SHARDANAND; MAES, 1995; CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010).

1.1 PROBLEMÁTICA

A Internet das Coisas juntamente com os Sistemas de Recomendação podem facilitar muito o dia a dia das pessoas, se aplicados com intuito de fornecer informações relevantes aos usuários, ou seja, que os auxilie em processos de tomada de decisão. Entre as potenciais áreas de aplicabilidade, este trabalho possui foco na promoção de ferramenta que auxilie pessoas a adquirirem itens em que estas possam ter tido interesse.

Muitos são os fatores que conduzem às pessoas a não adquirirem determinado item no instante de sua primeira observação. Por exemplo, um alto valor do item em exposição, ou o item não possuir nenhuma condição de promoção, como descontos ou compras que agregam mais de uma unidade. Ou ainda, porque o mesmo sofre por influência de terceiros em suas decisões.

Contudo, o fato de ocorrer uma observação deveria produzir uma indicação de interesse pelo item, ainda que o mesmo não seja adquirido. Ao se registrar tal interesse torna-se possível atuar mais diretamente sobre as escolhas futuras dos usuários, como por exemplo, em momentos em que ocorram promoções ou condições especiais.

Deste modo, apresenta-se a pergunta de pesquisa deste trabalho **“Como projetar um Sistema de Recomendação que permita a identificação do interesse em itens, considerando o conceito de Internet das Coisas e as tecnologias de redes sem fio atualmente disponíveis?”**.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um sistema de recomendação baseado em dispositivos móveis e sensores sem fio voltado à sugestão de itens levando em conta o interesse do usuário.

1.2.2 Objetivos Específicos

De modo a atingir o objetivo geral os seguintes objetivos específicos são requeridos:

- Estudar a bibliografia relacionada ao trabalho, citam-se: as redes de comunicação sem fio, a Internet das Coisas e os Sistemas de Recomendação;
- Identificar, no âmbito da Internet das Coisas, a tecnologia que melhor se adequa ao contexto do trabalho;
- Desenvolver, com base na tecnologia escolhida, um protótipo de um sistema de recomendação suportado por sensores sem fio de modo que se possa demonstrar a viabilidade do projeto;
- Apresentar um cenário de uso que permita demonstrar o protótipo desenvolvido e avaliar os resultados obtidos.

1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

O crescimento das redes móveis, a consolidação do conceito dos Sistemas de Recomendação e no presente momento, o avanço do conceito de Internet das Coisas, são fatores que tem como objetivo principal facilitar a vida das pessoas. Seja no compartilhamento do conhecimento, bem como, no auxílio das tarefas diárias.

Desde o início da *Internet* diversas mudanças têm ocorrido nas práticas sociais e também na forma como a comunicação entre as pessoas. Este contexto se relaciona como crescimento das tecnologias de comunicação sem fio (LEMOS, 2004). Por outro lado, as redes de comunicação cabeadas, necessitam de uma estrutura complexa e apresentam pouca mobilidade, quando comparadas a tecnologia sem fio.

Desta forma, as pessoas preferem ir a lugares onde é possível a conexão com a *Internet*, pois estão habituadas com a tecnologia em seu cotidiano, permanecendo conectadas o maior tempo possível, utilizando

as redes sociais através dos *Smartphones* (BICEN; ARNAVUT, 2015). Muitas das tecnologias que facilitam a vida das pessoas em seu uso diário são percebidas com menos importância, como por exemplo, a geladeira, máquinas de lavar e processadores de alimentos, principalmente por não serem dispositivos portáteis e serem agrupados como objetos com uso comum.

Tornar a tecnologia onipresente na vida das pessoas torna-se cada vez mais possível através do conceito de Internet das Coisas, possibilitando uma área de desenvolvimento em uma série de aplicações relacionadas com sensores inteligentes que geram informação para aplicações distintas. Aplicações estas que podem influenciar em tarefas e atividades de modo a promover o aprimoramento de diversos processos.

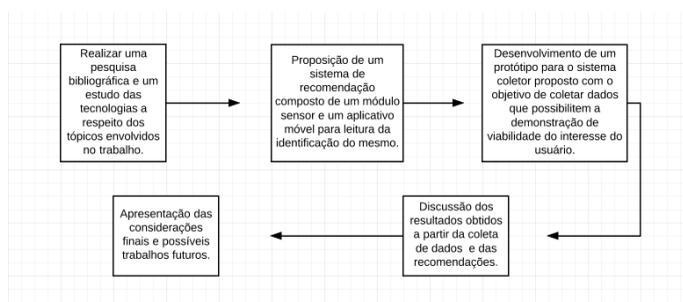
1.4 METODOLOGIA

A metodologia declara os passos necessários para se alcançar os objetivos de uma pesquisa que, segundo Gil (1999), “visa descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada uma vez que, como afirmam Silva e Menezes (2005), “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos”. De acordo com a modalidade, caracteriza-se como uma pesquisa tecnológica uma vez que propõe a criação de um artefato tecnológico.

Deste modo, para atingir os objetivos propostos neste trabalho, os seguintes passos foram executados conforme apresentado na (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma dos objetivos propostos



Fonte: Autor

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho, além desta introdução, está dividido em outros cinco capítulos.

O capítulo 2 apresenta uma revisão sobre os Sistemas de Recomendação, as principais abordagens e aplicações.

O capítulo 3 apresenta uma revisão sobre as tecnologias de redes sem fio e uma revisão sobre a Internet das Coisas.

O capítulo 4 apresenta a proposição do sistema de recomendação com foco na coleta e na análise do interesse de usuários por determinados itens em ambientes físicos.

O capítulo 5, por sua vez, apresenta a avaliação realizada no sistema proposto e os resultados obtidos.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as considerações finais e os trabalhos futuros.

2 SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

Neste capítulo é apresentada uma introdução sobre a história dos sistemas de recomendação, quais os principais aspectos da área e suas abordagens ou técnicas para recomendar itens. Além de identificar alguns cenários, onde aplicações utilizam sistemas de recomendação.

2.1 INTRODUÇÃO

O objetivo dos Sistemas de Recomendação é realizar sugestões em um grande volume de opções, gerando um processo de seleção que entregue ao usuário recomendações, onde o usuário teria um ambiente complexo para filtrar o conteúdo desejado (RICCI et al., 2011).

Os Sistemas de Recomendação surgiram por volta dos anos 90 e desde então tem se tornado uma importante área de pesquisa (GOLDBERG et al.,1992; RESNICK et al.,1994, SHARDANAND; MAES, 1995). Gradativamente aumenta o interesse por esta área, pois os sistemas de recomendação possuem relevantes problemas de pesquisas e diversos ambientes para criar aplicações (ADOMAVICIUS; TUZHILIN, 2005).

As características que os Sistemas de Recomendações fornecem ao auxiliar itens em um processo de seleção o tornam úteis tanto para o usuário quanto para quem está oferecendo o serviço, promovendo uma tarefa agradável e possivelmente gerando melhores resultados. Segundo Melville e Sindhvani (2010) afirmam que “O objetivo dos Sistemas de Recomendação (SR) é gerar recomendações válidas de itens que possam ser de interesse de um conjunto de usuários”, utilizando uma série de abordagens e métodos para alcançar estes objetivos sugerindo itens personalizados aos usuários (METTOURIS; PAPADOPOULOS, 2014).

Com base nestas características apresentadas sobre os Sistemas de Recomendação é possível observar a importância destas ferramentas nos processos de tomada de decisão (MELVILLE; SINDHWANI, 2010).

No funcionamento de um Sistema de Recomendação o usuário é uma parte fundamental, participando ativamente em um processo de recomendação, estando habilitado para exercer o papel de visitante ou ainda como acontece em alguns casos, fornecendo insumos para o funcionamento do sistema.

As características dos usuários e seus comportamentos são insumos para os processos de recomendação, abordagens como a filtragem colaborativa e a demográfica utilizam estes dados.

O objetivo em avaliar especificamente as particularidades de um determinado usuário ou grupo é uma relação comum nos sistemas de recomendações atuais, desta forma sugerindo recomendações personalizadas, entregando resultados distintos e possivelmente com uma similaridade com os usuários ou grupos (RICCI; ROKACH; SHAPIRA, 2011; TORRES, 2004).

O conceito de item é um ponto importante a ser destacado sobre os Sistemas de Recomendação. O significado de item está atribuído ao conteúdo da recomendação que é sugerido ao usuário. Segundo Ricci, Rokache e Shapira(2011) "Item" é o termo geral utilizado para identificar a recomendação que o sistema entrega aos usuários. Normalmente os SR centralizam as recomendações em um tipo específico de item, como por exemplo, CDs ou notícias, utilizando abordagens de recomendações personalizadas que fornecem sugestões úteis e eficazes para um tipo de item em específico.

Como a recomendação de itens pode ser aplicada em diversas áreas, sua utilização ocorre de forma genérica, pois é possível representar livros, carros, pessoas, filmes, dentre outras categorias. Na atualidade é possível observar recomendações de pessoas para um usuário através das redes sociais, utilizando elementos disponíveis na *Web*, demonstrando que a recomendação de um item pode ser de um produto, um serviço ou uma pessoa (CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010).

Apartir das abordagens ou técnicas de recomendação é possível identificar prováveis itens a serem recomendados. No cenário atual dos sistemas de recomendação diversas abordagens estão disponíveis para serem utilizadas, além do desenvolvimento de técnicas específicas para as aplicações, desta forma aprimorando e obtendo precisão para recomendar itens com base na realidade do ambiente em que estes sistemas estão inseridos.

2.2 ABORDAGENS

As abordagens ou técnicas utilizadas nos sistemas de recomendações utilizam especializações e derivações, sendo classificadas e agrupadas em um número possível de abordagens.

No contexto dos sistemas de recomendação é necessário um padrão de etapas para ocorrer à recomendação por prováveis itens, basicamente os sistemas de recomendação possuem uma fonte de dados, que é a informação disponível antes do processo de recomendação iniciar, a informação coletada do usuário com a necessidade de produzir

uma recomendação, e um algoritmo para combinar os dados coletados do usuário com a fonte de dados do sistema de recomendação com o intuito de identificar sugestões de itens (BURKE, 2002).

Nas próximas seções serão apresentadas as principais abordagens de recomendações presentes na literatura, sendo elas, a filtragem colaborativa, a baseada em conteúdo, a híbrida e a baseada em conhecimento. Além de apresentar uma seção com um resumo das abordagens baseada em comunidade, a baseada em crítica, a demográfica e a baseada em utilidade.

2.2.1 Filtragem Colaborativa

Atualmente a filtragem colaborativa é a abordagem mais utilizada, sendo referenciada em diversas pesquisas na área sobre sistemas de recomendação juntamente com a abordagem baseada em conteúdo. A diferença entre estas abordagens, é que a Filtragem Colaborativa não exige a compreensão ou reconhecimento do conteúdo dos itens (CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010). Os recursos utilizados para realizar recomendação sem a necessidade de conhecer o domínio dos itens permitem que esta abordagem tenha vantagens em identificar itens complexos para recomendar, como filmes e músicas (BURKE, 2002).

Esta abordagem utiliza duas definições para separar as interações, uma define que usuários com experiências passadas podem repetir determinados padrões no futuro, e a outra é aplicada a escolhas semelhantes de itens entre os usuários (LU et al., 2015). A análise do perfil dos usuários permite encontrar a similaridade de itens, identificando que o perfil é um fator fundamental neste processo, permitindo obter suas interações, e recomendar prováveis itens apenas com semelhanças entre os usuários com as mesmas preferências (ADOMAVICIUS; TUZHILIN, 2005). O perfil do usuário na filtragem colaborativa pode ser associado a um vetor de itens e interações, a cada nova interação do usuário com o sistema, este vetor vai acrescentar este valor ou a relevância da avaliação realizada sobre determinado item (BURKE, 2002).

As sugestões realizadas por esta abordagem utilizam como base as informações contidas nos padrões semelhantes dos usuários em relação a suas preferências, efetuando cálculos como distância euclidiana, correlação de Pearson, dentre outros. A escala de similaridade é obtida através do cálculo utilizado na aplicação (BOBADILLA, 2013).

A Tabela 1 demonstra as interações entre usuários e itens, e como a abordagem de filtragem colaborativa pode funcionar. Para o sistema recomendar itens ao Usuário₄ o sistema irá procurar por hábitos semelhantes entre os outros usuários. As semelhanças são obtidas através das interações que determinado usuário realizou. O Usuário₄ interagiu com o Item₁ e com o Item₆. Com esta informação é possível identificar os usuários com interesse semelhante, sendo eles o Usuário₁ e o Usuário₆.

Tabela 1 – Recomendação baseada em filtragem colaborativa

| Usuários | Item ₁ | Item ₂ | Item ₃ | Item ₄ | Item ₅ | Item ₆ |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Usuário₁ | X | | | | | |
| Usuário ₂ | | X | | | | |
| Usuário ₃ | | | | X | | |
| Usuário₄ | X | | ? | | | X |
| Usuário ₅ | | | | | X | |
| Usuário₆ | | | X | | | X |

Fonte: Adaptado de Cazella, Nunes e Reategui (2010).

Como é possível analisar o Usuário₁ e o Usuário₆ possuem semelhanças comuns ao Usuário₄ (Item₁ e Item₆), e possuem itens que o Usuário₄ ainda não adquiriu. Através desta observação é possível realizar as recomendações, neste caso o Item₃. Quanto maior o valor de similaridade entre os usuários que participam desta abordagem, mais relevantes serão as sugestões por recomendações.

2.2.2 Baseada em Conteúdo

A Filtragem Baseada em Conteúdo é uma técnica que efetua uma análise do perfil do usuário, realizando comparações com as características dos itens que estão disponíveis, identificando prováveis similaridades. Esta técnica se sobressai quando aplicada para recomendação de itens textuais, através da comparação de palavras contidas no documento lido pelo usuário é possível recomendar itens semelhantes, por exemplo, artigos científicos, livros e revistas (CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010).

As prováveis recomendações de itens gerados por esta abordagem visam oferecer sugestões relevantes, analisando os itens contidos no perfil do usuário. Quanto maior a informação textual for possível identificar nos itens, melhor será a recomendação. Atualmente aplicativos provedores de filmes por *streaming* utilizam esta técnica

para identificar prováveis filmes que o usuário demonstrou interesse, comparando a informação da sinopse, do autor, dos atores, dos roteiristas, do gênero, do ano, entre outras (CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010).

Algumas limitações são reveladas na utilização desta abordagem mesmo sendo utilizada em muitas aplicações, problemas como, a dificuldade em efetuar uma análise de conteúdo, a super especialização e novos usuários (ADOMAVICIU; TUZHILIN, 2005; CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010).

O processo de análise de dados na abordagem baseada em conteúdo para identificar prováveis itens para recomendar, quando aplicada em um conjunto de dados pouco estruturados, certamente está extração se tornará difícil de ser obtida. Sendo possível observar a dificuldade em analisar conteúdos de multimídia como, vídeo e som, do que analisar documentos textuais (TORRES, 2004).

Na análise de documentos textuais com termos muito semelhantes é possível identificar outro problema, utilizando a abordagem baseada em filtragem de conteúdo não é possível diferenciar se um artigo está bem ou mal escrito (CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010).

A super especialização ocorre quando somente itens similares avaliados positivamente são recomendados aos usuários, não apresentando prováveis itens que poderiam ser relacionado ao perfil do usuário (ADOMAVICIU; TUZHILIN, 2005).

Como a utilização desta abordagem depende das interações e dos perfis dos usuários, vale ressaltar que recomendações instantâneas não são possíveis. Assim como um novo usuário com perfil ainda não relevante enfrenta dificuldades em obter recomendações úteis, favorecendo o processo de sugestão apenas quando seu perfil recebe novas interações e estiver melhor definido (CAZELLA; NUNES; REATEGUI, 2010).

2.2.3 Híbrida

A utilização das abordagens de recomendações combinadas com duas ou mais técnicas para obter uma melhor precisão entre os prováveis itens a recomendar, é definida como uma recomendação híbrida. A principal função da recomendação híbrida é diminuir os pontos fracos identificados em uma técnica, complementando com a utilização de outras abordagens (BURKE, 2002).

Nos sistemas de recomendação híbridos é comum identificar a utilização combinada entre abordagens tradicionais, atualmente virou um hábito aplicar à filtragem colaborativa em conjunto com a baseada em conteúdo (KIM et al., 2006).

Na Tabela 2 são apresentados os principais métodos utilizados nos sistemas de recomendação híbridos.

Tabela 2 – Métodos empregados na recomendação híbrida

| Método | Descrição |
|--------------------------------------|--|
| Ponderadas | Este método obtém pesos distintos do processo de análise das abordagens, afetando assim a decisão final em recomendar prováveis itens. |
| Alternada | A execução deste método procura alternar entre as abordagens, e identificar qual está mais compatível para solucionar os problemas. |
| Mista | O processo de execução retorna diferentes tipos de recomendações, aplicando abordagens distintas. |
| Combinação de características | As características de diversas fontes de dados são processadas por uma única abordagem. |
| Cascata | Utilizando níveis de execução, este método processa as recomendações elaboradas em outro nível, visando aprimorar as similaridades. |

Fonte: Adaptado de Burke, 2002

Desta forma a abordagem híbrida combina os resultados obtidos das diversas técnicas de abordagens, com a finalidade de produzir uma única recomendação.

2.2.4 Baseada em Conhecimento

A abordagem de recomendação baseada em conhecimento é uma técnica que tem a capacidade de reconhecer os atributos de determinado item e identificar no perfil do usuário as necessidades e preferências por prováveis recomendações, encontrando uma sugestão mais adequada ao contexto (BURKE, 2002).

Com base nesta definição é possível afirmar que esta “capacidade” de encontrar a melhor sugestão de recomendação é o que diferencia esta técnica de abordagem das demais.

A utilização de ontologias como forma de representação do conhecimento, explorando domínios e relacionamentos nos sistemas de recomendação calculam com base no domínio das ontologias a

similaridade de itens, reconhecendo os perfis dos usuários e os atributos dos itens (LU et al., 2015).

As vantagens da utilização desta abordagem é a possibilidade de identificar as necessidades dos usuários refletindo nos itens, problemas comuns em outras abordagens como novos itens ou novos usuários não ocorrem, facilmente é identificado mudanças de preferências dos usuários além de permitir avaliar o contexto que engloba um item.

Como desvantagens desta técnica são as recomendações estáticas, onde não ocorre aprendizado, além da necessidade da Engenharia do Conhecimento atuando como especialista de domínio (BURKE, 2002).

2.2.5 Outras

Nesta seção denominada como “Outras” será apresentado um resumo da abordagem baseada em comunidade, a abordagem baseada em crítica, a abordagem de recomendação demográfica e a abordagem baseada em utilidade.

A utilização da abordagem de recomendação baseada em comunidade é mais comum nas redes sociais, realizando novas sugestões de itens ao usuário analisando o perfil de seus amigos, considerando que a indicação de prováveis itens a partir de sua rede de contatos é mais confiável do que a indicação de itens a partir da análise do perfil de um indivíduo desconhecido (RICCI; ROKACH; SHAPIRA, 2011).

Esta técnica se restringe a encontrar prováveis itens para recomendar analisando a comunidade ou grupo que o usuário está inserido, procurando relações entre os usuários que pertencem a um tipo de conjunto, considerando suas preferências (BOK et al., 2016).

A abordagem de recomendação baseada em crítica tem como objetivo gerar recomendações com qualidade ao usuário, através de interações do usuário no conjunto de itens, assim filtrando suas preferências até conseguir obter itens relevantes ou itens que ainda não foram recomendados pelo sistema. Este processo em que o usuário realiza os reparos necessários no conjunto de itens é o que define esta técnica de abordagem (CHESÑEVAR; MAGUITMAN; SIMARI, 2006).

A abordagem de recomendação demográfica identifica recursos similares para a recomendação de prováveis itens através de usuários com perfil demograficamente semelhantes.

No perfil dos usuários são analisadas as propriedades como, gênero, idade, etnia, profissões, nacionalidade, idiomas, entre outros.

Estes fatores são aplicados no desenvolvimento de modelos mais adequados para a abordagem de recomendação demográfica (PICAULT et al., 2011).

A técnica de abordagem de recomendação baseada em utilidade identifica as preferências dos usuários com base na informação que o usuário fornece sobre os itens desejados, procurando encontrar a melhor opção entre as necessidades do usuário e os itens disponíveis.

As recomendações são identificadas com base nas sugestões dos usuários analisando os itens individualmente, o problema central desta abordagem é a elaboração de uma forma para identificar os prováveis itens para cada usuário. Consequentemente esta técnica utiliza o perfil dos usuários para contribuir na localização das melhores sugestões, identificando o interesse dos usuários e recomendando com maior precisão itens similares a seu perfil (BURKE, 2002).

2.3 APLICAÇÕES

Atualmente é possível implantar as abordagens dos sistemas de recomendação em diversos ambientes, com ou sem o intuito de uma visão mercadológica, comumente na *Web* é possível identificar aplicações em sistemas de *e-commerce*, serviços de *streaming* de áudio e vídeo, e nas redes sociais.

Sistemas de recomendações voltados a auxiliar usuários com dispositivos móveis são desenvolvidos procurando obter dados do ambiente de forma transparente, sem a necessidade de interações do usuário. Neste contexto, uma aplicação foi desenvolvida utilizando técnicas de recomendação para sugerir restaurantes próximos ao usuário, com base em suas preferências por tipos de comidas, restaurantes visitados pelo usuário e a sua localização atual (ZENG et al., 2016), como pode ser visto na (Figura 2).

Figura 2 – Tela do sistema de recomendação de restaurantes



Fonte: Adaptado de Zenget al., 2016

As recomendações de itens para auxiliar o marketing de mídia social atualmente influenciada pelas pessoas criaram um ambiente mercadológico neste setor. Com o intuito de vender produtos, os sistemas de recomendação utilizam do comportamento dos usuários nas redes sociais, proporcionando uma variedade de ofertas comerciais para o perfil de cada usuário.

Através das redes sociais é possível aplicar a mineração de dados para obter prováveis itens a recomendar, utilizando os dados do perfil do usuário e dados de seus amigos.

Nas redes sociais é possível acessar informações importantes do perfil de cada usuário como, sexo, interesses, imagens, passatempos, grau de escolaridade, interesses em trabalhos, ocupação, endereço do trabalho, endereço residencial, dentre outros.

Apartir destas informações é possível realizar recomendações de acordo com o desejo do usuário, garantindo à venda do produto, além de compartilharem a publicidade do item recomendado, influenciando outros usuários a desejarem ou aderirem ao produto em específico (BAHAREHSHAMSZAMENJANI, 2015).

Em diversos estabelecimentos são aplicadas abordagens de recomendação, para guiar os usuários em um museu de arte, um sistema de recomendação híbrido que combina a filtragem colaborativa e a recomendação demográfica foi desenvolvido, utilizando as preferências dos usuários e a sua localização atual.

Ao se visitar grandes museus, um visitante gostaria de ter um guia exclusivo para guiá-lo de forma mais eficiente, levando em conta que seu tempo para realizar a visitação não é longo, e que seus interesses estão direcionados para uma determinada seção. Neste ponto o sistema de recomendação automaticamente vai apresentar ao usuário seus itens de interesse.

No início da visita, o visitante pode instalar em seu *smartphone* o aplicativo para suprir a necessidade de um guia exclusivo, tornando sua visita direcionada a seus interesses. Uma lista de artefatos é visualizada pelo usuário para que ele selecione suas preferências caso não tenha interações passadas, além de registrar seu gênero, nacionalidade, a idade, e o tempo disponível para a visitação. Ao deixar o local de visita, o aplicativo registra todas as informações coletadas ao longo da trajetória, estando preparado para um possível retorno deste usuário ao museu (CHUNG; TUNG; KEUM, 2016).

Na (Figura 3) é possível visualizar como é a interação do visitante com sistema de recomendação do museu.

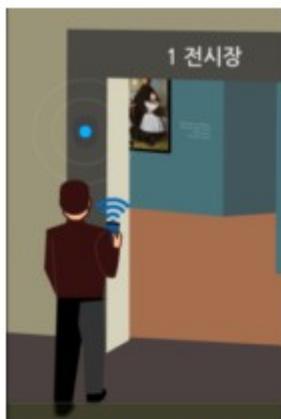
No quadro “a”, o visitante está na entrada de uma sala, onde seu *smartphone* troca informações com um sensor sem fio que está instalado na entrada da seção, informando a posição atual do visitante ao sistema de recomendação.

No quadro “b”, o visitante recebe uma lista de recomendações com base em suas preferências e localização.

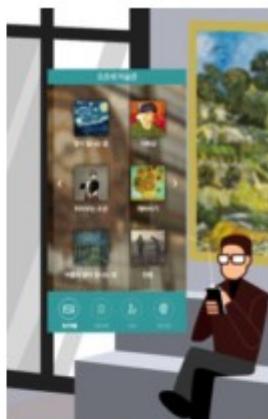
No quadro “c”, o visitante pode visualizar detalhes da obra selecionada e visualizar o mapa para conduzi-lo para a localização do artefato.

No quadro “d”, o visitante está na frente da obra e pode visualizar detalhes do artefato em conteúdo de áudio ou vídeo.

Figura 3 – Sistema de recomendação de artefatos do museu



a) Obter a posição do visitante



b) Mostrar as recomendações



c) Levar até o item selecionado



d) Fornecer mais informações

Fonte: Adaptado de Chung, Tung e Keum, 2016

3 REDES SEM FIO

Neste capítulo é apresentada uma introdução de algumas das redes sem fio e alguns conceitos que demonstram a evolução destas tecnologias até o presente momento.

3.1 INTRODUÇÃO

As redes de computadores sem fio, assim como as redes cabeadas, utilizam padrões para interconectar dispositivos, com a intenção de compartilhar recursos, executar ações e disponibilizar informação. As redes sem fio se comunicam por ondas de rádio, os dispositivos que utilizam as redes sem fio podem ser computadores, *smartphones*, *tablets*, sensores, impressoras, câmeras, etc. (MENDES, 2007).

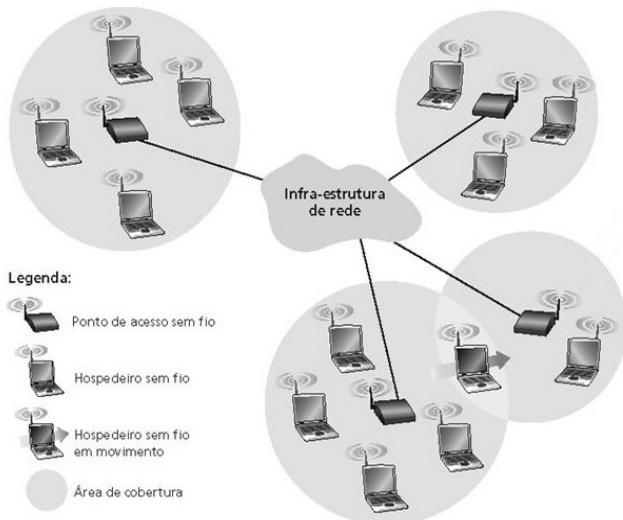
Os desafios propostos pelas redes sem fio pode-se dizer que não são os mesmos das redes cabeadas, observando as camadas de enlace e de rede, onde ocorrem diferenças importantes como redução da força do sinal, interferência de outras fontes e propagação multivias, ou seja, o embaralhamento do sinal (KUROSE; ROSS, 2010).

Gradativamente cada vez mais dispositivos que utilizam as redes sem fio são adquiridos, juntamente com os serviços móveis e a possibilidade de mobilidade, atualmente os dispositivos móveis como *smartphones* são os de consumo mais comum.

Assim como as redes cabeadas, as redes sem fio utilizam placas de rede para interconectar dispositivos, sem o uso de cabos físicos, apenas utilizando a propagação do sinal por meio das ondas eletromagnéticas.

A interconexão entre um emissor e um receptor, em uma rede sem fio é chamada de enlace sem fio (KUROSE; ROSS, 2010), como pode ser visto na (Figura 4).

Figura 4 – Elementos de uma rede sem fio



Fonte: Extraído de Kurose e Ross, 2010

3.1.1 Desenvolvimentos recentes

Atualmente o elevado uso das redes de computadores no acesso residencial contribui para o crescimento da comunicação, utilizando aplicações multimídia para transmissão de textos, áudio, vídeo e *streaming* com conexão banda larga à *Internet*.

Com o aumento das redes móveis, locais com rede *Wi-Fi* públicas se tornaram frequentes, fornecendo desta forma acesso de alta velocidade, enquanto as redes móveis de telefonia celular como 3G e 4G, fornecem acesso de média velocidade, permitindo o acesso constante à *Internet*, desta forma habilitando aos usuários pacotes de serviços que podem ser ofertados (KUROSE; ROSS, 2010).

Os desenvolvimentos de sensores inteligentes estão se aprimorando para integrar pelo menos uma das tecnologias de rede sem fio como o *Bluetooth*, a NFC e as *tags* RFID, disponibilizando uma imensa quantidade de sensores inteligentes. As últimas versões dos sensores que já utilizam estas tecnologias permitem um baixo nível de consumo de energia, utilizando *chips* de controle cada vez menores, permitindo assim, a incorporação desta tecnologia em relógios, óculos, pulseiras, crachás, cartões de bilhetes eletrônicos, etc.

Para auxiliar de alguma forma no dia a dia dos usuários de dispositivos móveis que estão conectados a uma rede sem fio, sensores inteligentes coletam informações do cotidiano de cada usuário, relacionadas à sua saúde, atividades que costuma realizar, locais que frequentam, preferências, características, entre outros, e envia estas informações para a *Internet* (CHANG; CONSULTING, 2014).

3.1.2 Vantagens e desvantagens do uso de redes

As redes de computadores sem fio possuem algumas das vantagens das redes cabeadas, por exemplo, a utilização de uma ferramenta de compartilhamento de arquivos via rede, permitindo acesso aos dados de determinado computador simultaneamente em diversos computadores presentes na organização (MENDES, 2007), além de permitirem:

- Compartilhamento de arquivos;
- Compartilhamento de programas;
- Compartilhamento de periféricos;
- Compartilhamento de impressoras;
- Compartilhamento de acesso a *Internet*;

A utilização de recursos presentes nas redes, como o compartilhamento de programas, reduz os custos com licenças de *software*, considerando que os computadores podem acessar programas instalados em um servidor conectado a mesma rede. Em geral, quando se adquire um *software* para uma organização, e este produto é instalado em um servidor com a intenção de ramificar o acesso ao mesmo, o custo de licenças para o uso neste contexto é menor quando comparado à compra de uma licença por computador.

Em um ambiente interconectado, o modem permite acesso centralizado a *Internet*, verificando configurações de regras de acesso, sistemas de segurança, ferramentas de controle, aplicando de modo geral a todos dispositivos conectados à rede os bloqueios ou permissões (MENDES, 2007).

Os periféricos, como discos ópticos (leitores de disco), *scanners*, impressoras, presentes nos computadores ou dispositivos de uma rede são compartilhados visando gerar economia na compra de equipamentos, e centralizar a reposição de materiais em dispositivos de impressão (TANENBAUM; SOUZA, 2005).

Uma das vantagens que as redes sem fio oferecem é a flexibilidade da área de cobertura, onde computadores podem se

comunicar sem restrição, suprimindo a necessidade de locais em que redes cabeadas não chegam. Desta forma evitando a passagem de cabos e tubulações, fornecendo mais eficiência no uso do espaço físico e em tecnologias existentes como *notebooks*, *smartphones*, aplicativos, etc.

Pode-se dizer que a facilidade de expansão e a manutenção reduzida das redes de computadores sem fio, são uma vantagem quando comparadas as redes cabeadas (TELECO, 2016).

Entretanto, as redes de comunicação sem fio também oferecem riscos a quem as utiliza. Assim como as redes cabeadas, as redes sem fio estão sujeitas a ataques por vírus e *hackers* que visam coletar informações dos usuários, senhas de *e-mails*, números de cartões de crédito, etc. (MENDES, 2007).

A segurança e a privacidade nas tecnologias de redes precisam ser estabelecidas como pilares para que as redes possam atingir plenamente o seu potencial na indústria e na sociedade. Estas propriedades são mais relevantes em redes sem fio do tipo AD-HOC, onde os dispositivos estão obrigados a cooperar, compartilhando seus recursos em uma mesma instância (DI PIETRO et al., 2014).

Problemas ocasionados por usuários mal intencionados, também afetam as redes sem fio, pois as mesmas são mais suscetíveis a ataques, existem ainda os problemas de *hardware*, como por exemplo, em um repetidor de sinal, relacionado aos equipamentos de rede. Estes problemas causam nas redes sem fio instabilidade e quando param de funcionar, comprometem o trabalho realizado pelos usuários da rede (MENDES, 2007).

Ao analisar a qualidade do serviço disponibilizado pelas redes sem fio, é possível observar uma taxa de transmissão e recepção menor do que ocorre ao se utilizar uma conexão com redes cabeadas, isto ocorre devido às limitações do sinal de transmissão e uma alta taxa de erro ocasionado pela interferência de sinal acarretando em perdas de dados (TELECO, 2016).

3.2 TECNOLOGIAS

Dentre as tecnologias de comunicação sem fio, algumas delas vêm se destacando na implementação do conceito de Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* - IoT). O que determina a escolha de uma tecnologia são principalmente o baixo consumo de energia e as possibilidades que a tecnologia oferece. Atualmente as tecnologias com grande potencial para a evolução da Internet das Coisas são o *Bluetooth*, a NFC e o RFID. Tecnologias que necessitam de fontes externas de alimentação, como o Wi-Fi, por exemplo, atendem parcialmente o conceito da IoT para o cenário deste trabalho, mas podem ser utilizadas em ambientes isolados com distâncias consideráveis (EVANS, 2011).

3.2.1 NFC

O NFC (*Near Field Communication*) é uma tecnologia Wi-Fi emergente que utiliza por padrão uma comunicação *contactless*, em sua tradução literal “sem contato”, entre dois dispositivos, com uma distância limitada em média de 10 cm entre eles. Seu funcionamento é baseado no protocolo RFID, identificação por rádio frequência, do inglês *Radio Frequency Identification* (DRAGUSHA; KOSUMI, 2013).

Com apenas um simples toque ou aproximação de dispositivos, uma comunicação rápida e segura é estabelecida, demonstrando facilidade e transparência em seu uso, simplificando transações, trocas de conteúdos digitais e conectividade entre dispositivos. A tecnologia demonstra vantagens para comerciantes e consumidores, pois sua comunicação ocorre sem esforços de configurações de redes (KATIYAR; GUPTA; GUPTA, 2014).

Os padrões e protocolos de comunicação utilizados no NFC são especificados pelas organizações ISO e IEC, registrando os padrões 18092 e 14443, a ECMA criou os padrões 386 e 385. Os protocolos definidos para o NFC são NFCIP-1, NFCIP-2 e ENFC5, na utilização do protocolo NFCIP-1 um dispositivo é identificado como *initiator* ou *target*, ficando no controle da troca de dados quem iniciou a comunicação (SHARIATI; ABOUZARJOMEHRI; AHMADZADEGAN, 2015).

A utilização do NFC em dispositivos embarcados é bastante comum, principalmente em celulares, pois possuem diversas funcionalidades, conectividade com redes móveis, poder de

processamento e por ser comercializado mundialmente com um custo relativamente baixo (KATIYAR; GUPTA; GUPTA, 2014).

Uma característica que se destaca no NFC, é a agilidade no pareamento entre dispositivos, diferentemente do *Bluetooth*, que se é necessário uma sincronização manual.

Ao se comparar o NFC com outras tecnologias de comunicação, como o *Bluetooth*, por exemplo, conforme a Tabela 4, pode-se observar que o NFC é uma tecnologia mais avançada, ao se comparar o tempo de inicialização da comunicação entre dispositivos, o raio de alcance de operação, a usabilidade, a aplicação, e a necessidade de conhecimento técnico ou experiência necessária do usuário para estabelecer a conectividade entre os dispositivos (JACOB et al., 2015).

Tabela 3 – Comparação do NFC com Bluetooth

| Padrão | NFC | Bluetooth 4.0 |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Tipo de rede | Ponto a ponto | Ponto a multiponto |
| Alcance | <0.1m | >10m |
| Velocidade | 424 kbps | 721 kbps |
| Tempo de resposta | <0.1s | 6s |
| Modos | Ativo – ativo Ativo – passivo | Ativo – ativo |
| Compatível com RFID | Sim | Não |
| Custos | Baixo | Moderado |

Fonte: Adaptado de Jacob et al, 2015

O protocolo ISO/IEC 14443 atribui ao NFC características especificadas nos cartões de identificação (*Identification Cards*), cartões com circuitos integrados sem contato (*Contactless Integrated Circuit Cards*) e cartões de aproximação (*Proximity Cards*). Herdando desta forma as propriedades dos *Smart Card's* e dos leitores (*readers*), com a capacidade de receber, processar e enviar dados.

A padronização dos protocolos no NFC permite que os dispositivos, como, *smartphones*, leitores e entre outros, que contam com esta tecnologia inicie uma comunicação com um *Contactless Smart Card*.

Conforme a (Figura 5) é possível observar a utilização do NFC, atuando como um emulador de cartão, onde um dispositivo NFC é identificado como um cartão de crédito *contactless*, com a funcionalidade de efetuar pagamentos de compras ou bilhetes de passagem. Outra característica é atuar como um emulador de leitor,

realizando leituras das *tags* NFC, como por exemplo, etiquetas de preços e painéis de propagandas.

Por fim, a utilização em uma comunicação ponto a ponto, estabelecendo a interconexão entre dois dispositivos através de um acordo de chaves, realizando a troca de informações, garantindo confidencialidade, integridade e autenticidade dos dados (SHARIATI; ABOUZARJOMEHRI; AHMADZADEGAN, 2015).

Figura 5 – Exemplos de utilização do NFC



Fonte: Autor

O protocolo NFC apresenta modos de operação para interconectar os dispositivos, o modo de comunicação ativo ocorre quando ambos dispositivos geram ondas eletromagnéticas para transmitir os dados, e o modo de comunicação passivo onde apenas um dispositivo gera as ondas eletromagnéticas enquanto o outro dispositivo utiliza esta modulação para retransmitir os dados.

A interface de operação dos protocolos do NFC é realizada por radiofrequência em uma faixa de 13,56 Mhz com distâncias de até 10 cm, como não existe regularização para esta faixa de frequência, não existe restrições ou licenças para a utilização do NFC (KATIYAR; GUPTA; GUPTA, 2014).

Assim como no Wi-Fi, dispositivos NFC podem concorrer pela mesma faixa de frequência em uma determinada área, por isto a comunicação entre os dispositivos NFC deve ser *half-duplex*, ou seja, antes de iniciar uma transmissão o dispositivo deve escutar o meio, estabelecendo uma conexão apenas se nenhum outro dispositivo estiver transmitindo naquele período de tempo, não interferindo no sinal emitido por outro dispositivo (AHN; LEE; LEE, 2016).

Para garantir que a comunicação entre os dispositivos ocorra sem colisões, um sistema anti-colisão é implementado no *initiator*, evitando que dois ou mais *targets* respondam no mesmo instante a uma requisição enviada de um *initiator* (ISSOVITS; HUTTER, 2011).

Quando uma comunicação é estabelecida entre dois ou mais dispositivos, todo o processo de transações ocorre sem mudanças no

modo de operação sendo ativo ou passivo, assim como a função desempenhada pelo dispositivo *initiator* ou *target*. Estas configurações são perdidas somente quando a comunicação é finalizada, afastando os aparelhos, e no caso de uma comunicação ponto a ponto, as chaves utilizadas para estabelecer a conexão são destruídas neste momento (SHARIATI; ABOUZARJOMEHRI; AHMADZADEGAN, 2015).

No cenário atual é possível identificar algumas aplicações onde o NFC está empregado, como por exemplo, sendo utilizado como cartão de crédito para efetuar pagamentos nos estabelecimentos comerciais, apenas aproximando o dispositivo a um aparelho de POS com NFC (Figura 6), do inglês *Point of Sale* em sua tradução literal Ponto de Venda (DRAGUSHA; KOSUMI, 2013).

Figura 6 – Dispositivo POS com NFC



Fonte: Autor

Gradativamente a utilização do NFC no cotidiano das pessoas ganha espaço, possibilitando sua integração em serviços de transportes, onde usuários no momento do embarque aproximam seus *smartphones* a um leitor de NFC. Nos serviços médicos armazenam informações relevantes sobre o portador, como o histórico médico, tipo sanguíneo, tratamentos que o paciente realizou e os dados dos profissionais que já prestaram atendimento ao mesmo. E nos serviços de propaganda é utilizado para ler informações de *tags* impressas em cartazes e revistas, podendo direcionar o usuário a um serviço *on-line* (KATIYAR; GUPTA; GUPTA, 2014).

A utilização de cartões inteligentes com registros de NFC está se tornando comum, pois é uma tecnologia com baixo custo para se produzir e de fácil usabilidade, como é o caso das carteirinhas de estudante da UFSC que utilizam este recurso, conforme a (Figura 7) é possível observar uma tentativa de leitura da informação contida na carteirinha com um celular.

Figura 7 – Leitura de NFC em um cartão inteligente



Fonte: Autor

Assim como em outras tecnologias, o NFC apresenta algumas vulnerabilidades que afetam sua segurança, comprometendo o sucesso da tecnologia, mesmo que a comunicação entre os dispositivos ocorra em um curto raio de ação.

Como a comunicação é estabelecida por ondas de radiofrequência, o protocolo pode sofrer ataques de captura indevida do sinal transmitido, identificando uma falha de escuta de dados, ou ainda um invasor interferir no sinal transmitido causando uma corrupção de dados.

Tentativas para executar alterações nos dados transmitidos são relacionadas a ataques de modificação de dados, sendo um ataque difícil de ser executado, pois é preciso identificar a força da amplitude de modulação. Ao se estabelecer uma troca de mensagens entre dispositivos, um aparelho pode levar muito tempo para responder a uma requisição, possibilitando que um invasor execute uma transmissão de dados, antes que o dispositivo responda ao *initiator*, este ataque é identificado como uma inserção de dados.

Em uma transmissão é possível que um invasor intercepte o sinal, possibilitando uma retransmissão, bloqueio e alteração de informação, sem que o remetente e o destinatário identifiquem um terceiro elemento utilizando a comunicação estabelecida entre os dispositivos, sendo um ataque atribuído a uma intervenção humana.

A técnica de clonagem pode ser utilizada para reproduzir cartões inteligentes com suas características idênticas ao cartão original.

Outra forma de ataque é a utilização de fraudes eletrônicas em *tags*, o *Phishing*, onde um atacante se identifica como uma pessoa ou empresa fornecendo informações falsas, induzindo aos usuários realizarem leituras em *tags* mal intencionadas, repassando seus dados pessoais ao autor da etiqueta digital (SHARIATI; ABOUZARJOMEHRI; AHMADZADEGAN, 2015).

3.2.2 Bluetooth

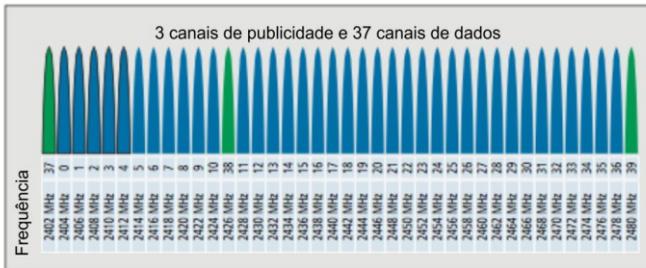
Em meio às tecnologias sem fio que visam facilitar o dia a dia das pessoas, o *Bluetooth* foi criado com o intuito de interconectar dispositivos sem o uso de cabos. Elaborado com uma arquitetura simples e robusta, visando baixo custo e consumo, assim esta tecnologia emergiu rapidamente, sendo aplicada em diversas áreas, interconectando dispositivos como aparelhos celulares, notebooks, dispositivos de academia, entre outros (BOUALOUACHE et al., 2015).

As redes sem fio mudaram a forma de comunicação entre as pessoas e os dispositivos, consolidando a tecnologia de comunicação sem fio, onde o *Bluetooth* criou um processo de evolução na interconexão de periféricos e dispositivos sendo atualmente conhecido como *Bluetooth Classic* (QI BI; ZYSMAN; MENKES, 2001).

Mesmo com as melhorias na tecnologia do *Bluetooth*, ainda não é possível dizer que a Internet das Coisas consiga alcançar seu potencial completo usufruindo das atualizações do *Bluetooth*. Neste contexto surge em 2010, uma versão da tecnologia *Bluetooth Smart*, também conhecida como *Bluetooth Low Energy* (BLE), em sua tradução literal, *Bluetooth Inteligente* ou ainda *Bluetooth de Baixo Consumo*, com o objetivo de expandir o uso do *Bluetooth* em aplicações de baixo custo e consumo.

A tecnologia sem fio *Bluetooth* possui seus canais de comunicação divididos por frequência, contudo o BLE introduz um novo método de rádio comunicação, onde a largura dos canais é maior, assim reduzindo a interferência e a intensidade de comunicação. Desta forma se utiliza uma faixa de frequência disponível, específica para cada tipo de serviço em seu canal de comunicação, conforme (Figura 8). O BLE utiliza um protocolo de comunicação do tipo confiável (TCP), desenhado em camadas, projetado especificamente para reduzir o consumo de energia (CHANG; CONSULTING, 2014).

Figura 8 – Plano de canais para o Bluetooth Low Energy



Fonte: Adaptado de Chang e Consulting, 2014

Como característica os dispositivos BLE consomem menos energia do que dispositivos *Bluetooth* comuns, pois se comunicam poucas vezes entre si, e quando estão interconectados os dados são entregues de forma confiável, utilizando um canal com baixo nível de interferência no meio de comunicação. Oferecendo potencial para que a tecnologia crie desenvolvimentos de dispositivos na IoT.

O protocolo *Bluetooth Smart* é uma tecnologia a frente das outras no mercado de IoT, pois a forma em que ele está estruturado permite que dispositivos sensores forneçam os dados coletados, também chamados de propriedades, encapsulados em perfis de atributos genéricos.

Permitindo, por exemplo, que qualquer aplicativo faça a leitura de um termômetro ou de um monitor cardíaco, pois os dados fornecidos pelo acessório *Bluetooth Smart* estão encapsulados em um protocolo genérico, onde qualquer desenvolvedor pode estudar e utilizar estas informações em diversas aplicações (BLUETOOTH SIG, 2016).

3.2.3 Wi-fi

Globalmente conhecida como *wireless* LAN ou WLAN construída no padrão IEEE 802.11, sendo o meio de comunicação sem fio aceito para troca de dados, destacando-se na década de 1990 dentre as diversas tecnologias que surgiram, visando interconectar dispositivos à *Internet*. Atualmente está presente em locais de trabalho, bares, restaurantes, cafés, aeroportos, praças, entre outros (SURESH; DANIEL; ASWATHY, 2014; KUROSE; ROSS, 2010).

Não se pode considerar totalmente que o Wi-Fi é uma tecnologia móvel, mesmo sendo uma tecnologia de comunicação sem fio, já que este meio de comunicação pode ser utilizado para, por exemplo,

interconectar computadores de mesa a um ponto de acesso a *internet*, em um ambiente local sem a utilização de cabos. Geralmente o termo *wireless* (sem fio) é associado ao termo mobilidade, contudo isto nem sempre é verdadeiro (SACCOL; REINHARD, 2007).

É importante destacar algumas das características da tecnologia Wi-Fi, como a capacidade de reduzir a taxa de transmissão permitindo alcançar distâncias maiores, os modos de conexão como o acesso ponto a ponto ou por pontos de acesso, que utilizam o protocolo de acesso ao meio CSMA (KUROSE; ROSS, 2010). Nos padrões 802.11 (b, a, g, n) destacam-se diferenças de características no meio de comunicação, estabelecidas na camada física, na faixa de frequência e taxa de dados como pode ser visto na Tabela 5:

Tabela 4 – Padrões 802.11

| Padrão | Faixa de frequência | Taxa de dados |
|----------------|---------------------|---------------|
| 802.11a | 5,1 – 5,8 Ghz | Até 54 Mbps |
| 802.11b | 2,4 – 2,485 Ghz | Até 11 Mbps |
| 802.11g | 2,4 – 2,485 Ghz | Até 54 Mbps |
| 802.11n | 2,4 – 5, 8 Ghz | Até 150 Mbps |

Fonte: Adaptado de Kurose e Ross, 2010

A utilização da faixa de frequência não licenciada (2,4 Ghz), em um ambiente provoca uma sobrecarga, onde dispositivos concorrem com aparelhos *Bluetooth*, telefones sem fio, controles remotos para acesso ao meio de comunicação, uma vez que a troca de dados via Wi-Fi mantém o meio físico ocupado por mais tempo, estabelecendo uma conexão, se comparado a meios de comunicação como o *Bluetooth*, por exemplo (SURESH; DANIEL; ASWATHY, 2014).

No cenário da Internet das Coisas, a tecnologia Wi-Fi permite centralizar em um único ponto de acesso, a conexão de uma variedade de dispositivos, reduzindo a quantidade de cabos utilizados na instalação de sensores. Entretanto, a tecnologia Wi-Fi possui um alto consumo, quando sensores são desenvolvidos com estes módulos, não sendo viável a utilização de baterias para o desenvolvimento de um protótipo de sensor para o escopo deste trabalho (EVANS, 2011).

3.3 INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas defende a idéia que objetos estão compartilhados na rede com seus próprios recursos, ou utilizando uma

aplicação, possibilitando a troca de informações pela *Internet*. Estes objetos podem ser sensores, aparelhos de TV, eletrodomésticos, sistemas de segurança, sistemas de automação residencial, etc. (HUANG; LI, 2010).

O termo as “coisas” tem por objetivo relacionar-se aos objetos presentes no ambiente das pessoas, identificando quais objetos estão a sua volta em seu dia a dia. O objetivo da Internet das Coisas é interligar tudo na rede, permitindo que ambos se comuniquem, sem a intervenção de pessoas, onde objetos iniciem uma comunicação para troca de dados e comandos.

Uma visão resumida para a Internet das Coisas é uma interação natural entre seres humanos, computadores e dispositivos em geral, onde equipamentos elétricos, eletrônicos e objetos de uso diário através da rede são monitorados e controlados (WEBER, 2013).

Os dispositivos que estão interconectados em um ambiente onde a Internet das Coisas é aplicada uma interação de ações através das aplicações e equipamentos irão ocorrer, utilizando sensores para disparar informações, onde atuam como uma porta de entrada e saída de dados, desta forma coletando informações destes objetos e alimentado sistemas, sem a necessidade de usuários para realizar ações em uma interface (JAYAVARDHANA et al., 2013).

Como por exemplo, em uma estufa, onde sensores de temperatura e luminosidade podem ser capazes de transformar os dados do ambiente físico em informações, sendo transferidas para um centro de controle que por sua vez pode monitorar as ações deste ambiente e tomar decisões como informar o supervisor técnico via e-mail, SMS, ou até mesmo acionar um sistema de refrigeração que também está conectado a Internet das Coisas (SURESH; DANIEL; ASWATHY, 2014).

Atualmente as tecnologias como NFC, *Bluetooth*, Wi-Fi, RFID e Código de Barras se destacam por oferecer suporte para aplicações no cenário da Internet das Coisas.

As tecnologias NFC, *Bluetooth* e Wi-Fi foram apresentadas com maior detalhe em tópicos anteriores neste trabalho.

O RFID e o Código de Barras (Figura 9) oferecem suporte a IoT, por utilizar um conceito onde um número identificador (ID) é utilizado para referenciar sua informação. Portanto o ID é armazenado em um pequeno chip no RFID, e no Código de Barras é codificado em uma imagem. Geralmente leitores são capazes de coletar esta informação, gerando a possibilidade de se realizar uma busca na rede por esta referencia (SURESH; DANIEL; ASWATHY, 2014).

Figura 9 – RFID e Código de Barras



Fonte: Adaptado de Suresh, Daniel e Aswathy, 2014

4 SISTEMA PROPOSTO

Neste capítulo é apresentado o sistema proposto, descrevendo os requisitos, arquitetura lógica demonstrando a forma das interações dos usuários, a arquitetura física descrevendo os componentes tecnológicos e a justificativa de sua utilização, a apresentação do modelo de dados e os métodos de geração de recomendações.

4.1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema para auxiliar pessoas em seus interesses, tendo como principal função a identificação de produtos que os usuários não compraram, mas que em algum momento demonstraram interesse. O sistema foi desenvolvido voltado para dispositivos móveis, que serve de interface para o usuário; assim é possível identificar suas recomendações e interagir com os sensores posicionados nos produtos.

O sensor é disponibilizado na forma de uma etiqueta autoadesiva, que pode ser anexado em diversos tipos de itens, como por exemplo, portas, janelas, gôndolas, produtos, entre outros, possibilitando assim a identificação do item, através do uso do aplicativo instalado no dispositivo do usuário.

Quando existem sensores posicionados de forma estratégica em um ambiente e os usuários que frequentam estes locais estão portando dispositivos móveis capazes de se comunicar com estes sensores, é possível identificar a entrada de usuários no estabelecimento e até mesmo saber a trajetória percorrida por um usuário.

Em um ambiente em que os sensores já estejam implantados é possível capturar as interações dos usuários, e com base nesta coleta de informação elaborar um sistema de recomendação para sugerir prováveis itens de interesse aos usuários, analisando em seu perfil os itens que ainda não foram adquiridos, mas foram marcados como itens de interesse, podendo ser um interesse pessoal ou influenciado por terceiros.

A recomendação por itens de interesse vai acontecer quando o usuário retornar ao estabelecimento, através de um sensor na entrada do local, com a função de identificar o usuário e desta forma informar seus interesses.

4.2 REQUISITOS

Para desenvolver o sistema de recomendação foi preciso uma análise para identificar as necessidades dos usuários e as necessidades do sistema, para definir quais tecnologias de sensores sem fio atendem ao *hardware* e quais funcionalidades são necessárias para se desenvolver o *software*.

Os requisitos de sistema são as descrições das funções de um sistema, além da identificação de suas restrições operacionais. Com isto é possível verificar se os requisitos atendem as necessidades dos usuários, com intuito de solucionar seus problemas.

Frequentemente os requisitos de sistemas são classificados em duas categorias, requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais são a identificação dos serviços que o sistema se propôs a oferecer, administrar a informação de entrada de dados e como se comportar em determinadas situações. Os requisitos não funcionais identificam as restrições nos serviços oferecidos pelo *software* (SOMMERVILLE, 2007).

4.2.1 Requisitos funcionais

Para atender as necessidades do sistema de recomendação e dos usuários, nesta etapa serão discutidas as funcionalidades que precisam ser atendidas que representam os requisitos funcionais.

- *Hardware*
 - Sensores sem fio autoadesivos.
 - Tecnologia de comunicação sem fio que permitam a comunicação com dispositivos móveis.
- *Software*
 - Permitir o cadastro de sensores para identificar um produto.
 - Permitir a identificação de um produto através da conexão com um sensor.
 - Permitir a identificação de um usuário.
 - Gerar a recomendação de prováveis itens de interesse para um usuário.

4.2.2 Requisitos não funcionais

As necessidades que não estão direcionadas as funcionalidades do sistema são definidas como requisitos não funcionais, como por exemplo, confiabilidade, tempo de resposta do aplicativo, espaço de armazenamento utilizado, desempenho e atributos relacionados à qualidade.

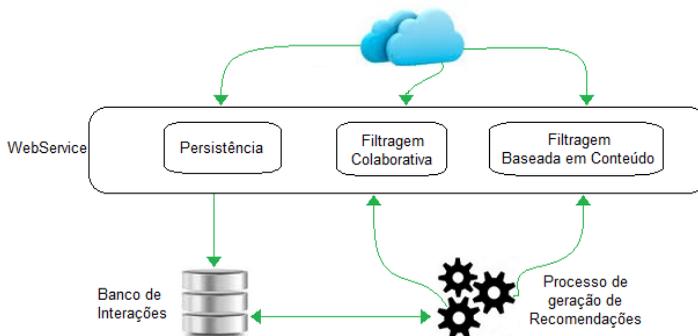
- Hardware
 - Embalagem agradável.
 - Posicionamento correto favorecendo a conexão com os dispositivos móveis.
- Software
 - Bom desempenho na utilização do aplicativo.
 - Interface simples e intuitiva.
 - Compatibilidade entre os dispositivos móveis atuais do mercado.

4.3 ARQUITETURA

4.3.1 Arquitetura Lógica

A arquitetura lógica (Figura 10) apresenta um modelo de camadas para coletar as interações dos usuários com itens, com o objetivo de fornecer recomendações futuras. Como ponto de partida na Figura 10 é possível visualizar uma nuvem, que representa os usuários e os conteúdos gerados e consumidos por estes em um ambiente.

Figura 10 – Arquitetura lógica do sistema proposto.



Fonte:Autor

A camada de serviços está localizada em um nível abaixo à nuvem, tornando possível a interação dos usuários. Esta camada é responsável pela persistência de dados além de fornecer acesso às recomendações colaborativas e as recomendações baseadas em conteúdo.

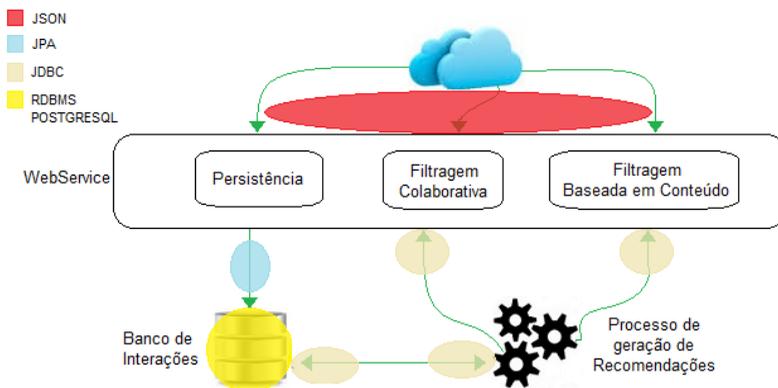
As interações dos usuários são coletadas e persistidas em uma base dados, gerando insumos para o processo de produção das recomendações. O processo de geração de recomendações identifica na base de dados os itens de interesse de um usuário que não foram adquiridos, além de identificar quais itens podem ser recomendados com base na análise de itens em outros perfis de usuários.

Ao final do processo de verificação das recomendações, as informações ficam disponíveis para a camada de serviço, responsável por obter as recomendações através das abordagens colaborativa ou baseada em conteúdo.

4.3.2 Arquitetura Física

A arquitetura física (Figura 11) apresenta os componentes tecnológicos e como ocorre a comunicação entre eles, com o objetivo de oferecer uma visão mais detalhada do processo da coleta das interações e como ocorre o processo da geração das recomendações para o sistema proposto.

Figura 11 – Arquitetura física do sistema proposto.



Fonte: Autor

Os componentes tecnológicos destacados na Figura 11 através das cores são identificados de acordo com a legenda. A comunicação

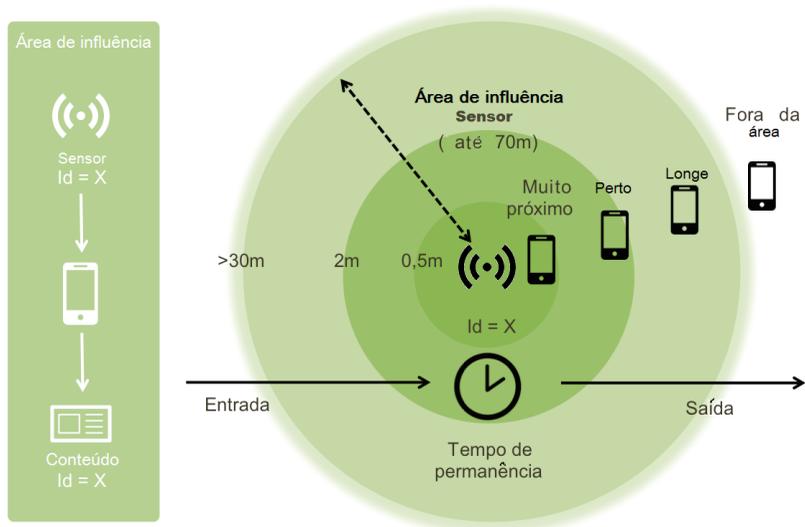
entre a aplicação utilizada pelo usuário e a camada de serviços (*WebService*) ocorre com trocas de mensagens através do padrão *JavaScript Object Notation* (JSON), identificada na cor vermelha, permitindo a comunicação com o aplicativo para fornecer as recomendações e a persistência dos dados das interações dos usuários em um banco de dados relacional PostgreSQL®. A escolha do banco de dados está relacionada ao fato de ser um banco de dados gratuito e amplamente aceito no mercado.

O processo de comunicação entre a base de dados do servidor e a camada de serviços para persistirem as informações coletadas pelos usuários dos sensores sem fio utiliza a tecnologia *Java Persistence API* (JPA). O JPA é um padrão que descreve uma interface para persistência de dados, além de definir um mapeamento objeto relacional para as classes Java® persistirem as informações contidas nos objetos. Para realizar a comunicação com a base de dados e com o processo de geração de recomendação foi aplicada a tecnologia *Java Database Connectivity* (JDBC), que fornece suporte à manipulação de dados através da execução de comandos que utilizam a linguagem SQL, sendo uma especificação disponibilizada pela linguagem de programação Java®.

4.3.3 Sensor sem fio

A (Figura 12) apresenta o alcance do sinal dos sensores e como ocorrem às interações com os dispositivos móveis, com o objetivo de oferecer uma visão mais detalhada da área de influência entre os sensores e os dispositivos móveis dos usuários, demonstrando assim como ocorre à coleta de informações para o sistema proposto.

Figura 12 – Área de alcance dos sensores.



Fonte: Adaptado de Factorsim, 2016

Conforme ilustrado, os sensores sem fio são o principal ponto de entrada do sistema de recomendação, ainda assim, precisam ser acoplados aos itens que os usuários desejam interagir de modo a permitir a comunicação com dispositivos móveis, transmitindo a menor quantidade de informação possível visando tornar a interação com os usuários de forma rápida e eficiente.

No decorrer da pesquisa deste trabalho algumas tecnologias de sensores sem fio foram estudadas, explorando as características de cada uma delas para atuar diretamente com o conceito de Internet das Coisas. Para prosseguir com a proposta do sistema de recomendação uma análise das tecnologias de comunicação sem fio é apresentada visando escolher a que melhor se adapta para o sistema proposto.

O uso tecnologia de rede sem fio NFC, em geral, tem um alcance de sinal menor quando comparado ao *Bluetooth* e a *Wi-Fi*, conseqüentemente, é necessário que o usuário aproxime do sensor seu dispositivo móvel para estabelecer uma comunicação com o mesmo,

funcionando somente em dispositivos móveis que apresentam esta tecnologia.

Para evitar a troca constante dos sensores implantados nos ambientes, um ponto importante a ser analisado é o consumo de energia, sensores que utilizam a comunicação por Wi-Fi apresentam um consumo maior de energia do que os sensores *Bluetooth*.

Atualmente as APIs de desenvolvimento para dispositivos móveis não oferecem métodos suficientes para trabalhar com pontos de acesso Wi-Fi em sensores. A utilização das APIs se concentram em fornecer um meio de se utilizar os protocolos de redes mais comuns com o intuito de possibilitar o acesso a *Internet*.

As quantidades de vezes necessárias para se buscar pontos de acesso e a força do sinal rapidamente iriam consumir a carga da bateria dos dispositivos móveis dos usuários. Tais características tornam inviável a utilização da tecnologia Wi-Fi neste projeto.

Neste trabalho, foram realizados estudos sobre a tecnologia *Bluetooth*, que apresenta uma atualização em seu protocolo tornando possível sua utilização no contexto da Internet das Coisas, proporcionando o uso da tecnologia em uma quantidade generalizada de sensores sem fio inteligentes apenas com a aproximação dos usuários.

A API *Bluetooth Low Energy* fornece uma busca constante pelos sensores e a atualização dos níveis da força do sinal, permite a comunicação com os dispositivos móveis. As plataformas Android® e iOS® fornecem uma documentação para a utilização das APIs e provêm suporte a busca por sensores BLE, a criação de canais para comunicação, a transferência de dados entre os dispositivos e a gerência de múltiplas conexões.

Após a análise das tecnologias de redes sem fio, é possível sugerir que a tecnologia escolhida para o desenvolvimento do sistema proposto seja a tecnologia *Near Field Communication*.

Atualmente, as plataformas que são mais utilizadas nos dispositivos móveis são o Android® que é desenvolvida utilizando a linguagem Java® e o iOS® que utiliza a linguagem Swift®. Por causa da experiência do desenvolvedor com a linguagem Java® a plataforma escolhida para o desenvolvimento do aplicativo foi o Android®.

No sistema de recomendação desenvolvido para a plataforma Android® é utilizado conceitos da linguagem que definem o ciclo de vida dos aplicativos. Para a coleta de informações dos sensores é utilizado uma classe de serviço *Intent Service*, que permite a execução de um serviço que realiza as interações entre os dispositivos móveis e os sensores em segundo plano. Estes serviços executados na plataforma

Android® funcionam sem bloquear as funções da interface do usuário, como por exemplo, bloqueio da transição entre as telas e as ações disponibilizadas pelo aplicativo.

Durante a execução do serviço que realiza as tarefas que envolvem a API do NFC com a função de coletar as informações das interações dos usuários com os sensores, o aplicativo principal sempre irá ficar disponível ao usuário sem bloqueios em sua interface.

As trocas de mensagens entre os serviços Android® e a aplicação principal ocorrem por meio de mensagens de *broadcast*, contendo as informações obtidas da leitura dos sensores, como por exemplo, a descrição do objeto que acabou de ser coletado. A comunicação entre a aplicação principal e a classe de serviço ocorre por uma interface Java®, onde estão localizados os métodos de controle do serviço, como o método de iniciar serviço, pausar serviço, finalizar serviço, realizar a leitura ou gravação da identificação dos sensores.

Os serviços Android® são iniciados automaticamente com a execução da aplicação pela primeira vez. A troca de mensagens entre os serviços e a aplicação principal ocorre somente quando o dispositivo móvel se aproximar de algum sensor, evitando desta forma o recebimento de mensagens desnecessárias e o consumo excessivo da carga da bateria do dispositivo.

Por fim, quando ocorrer uma comunicação entre os sensores e os dispositivos móveis, a API do NFC irá fornecer a identificação do sensor exposto ao alcance da leitura. Neste momento, será elaborada uma mensagem de *broadcast* que então pode ser transmitida ao aplicativo.

O aplicativo principal desenvolvido neste trabalho foi denominado **SmartRecomm** e o sensor sem fio apenas com uma descrição de TAG (etiqueta), amplamente utilizada no meio tecnológico sendo atribuída a sensores, com a função de identificar objetos, locais, pessoas, entre outros.

Como mencionado anteriormente nesta seção, ao iniciar o aplicativo o primeiro passo a ser executado consiste na conexão da classe de serviço NFC, que ocorre sem a intervenção do usuário, direcionando o usuário à tela inicial do aplicativo (Figura 13), que exibe as rotinas do aplicativo.

Figura 13 – Tela inicial do Aplicativo



Fonte: Autor

A partir da tela inicial do aplicativo o usuário pode escolher qual ação deseja executar, bastando pressionar algum dos botões posicionados na parte inferior.

O botão localizado na parte inferior esquerda irá direcionar o usuário para a tela que permite cadastrar uma nova identificação para uma TAG. Neste ponto o usuário precisa informar qual ID ou descrição será atribuído ao sensor (Figura 14).

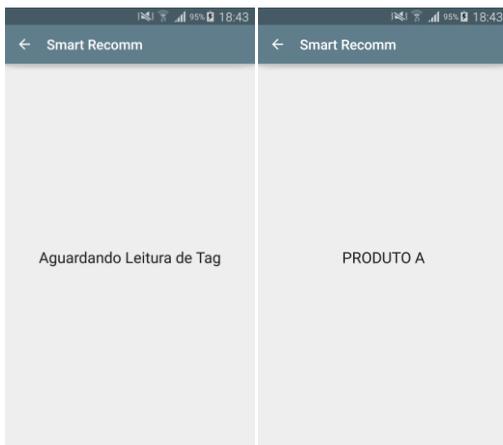
Figura 14 – Tela de inclusão de nova TAG



Fonte: Autor

O botão localizado na parte inferior direita irá direcionar o usuário para a tela de leitura de uma TAG. Neste momento o usuário precisa posicionar seu dispositivo móvel próximo ao sensor, que irá fornecer sua identificação ao serviço de coleta do aplicativo, gerando uma interação do usuário com o item em interesse (Figura 15).

Figura 15 – Tela de leitura de TAG

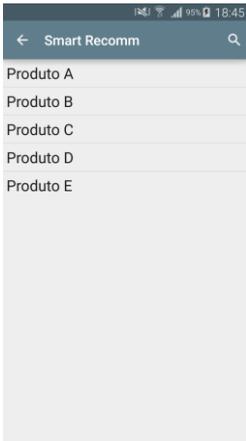


Fonte: Autor

O botão centralizado na parte inferior irá direcionar o usuário para a tela de consulta das recomendações, processadas na camada de

serviço, retornando ao usuário em específico os prováveis itens com interesse a serem recomendados (Figura 16).

Figura 16 – Tela de Recomendação

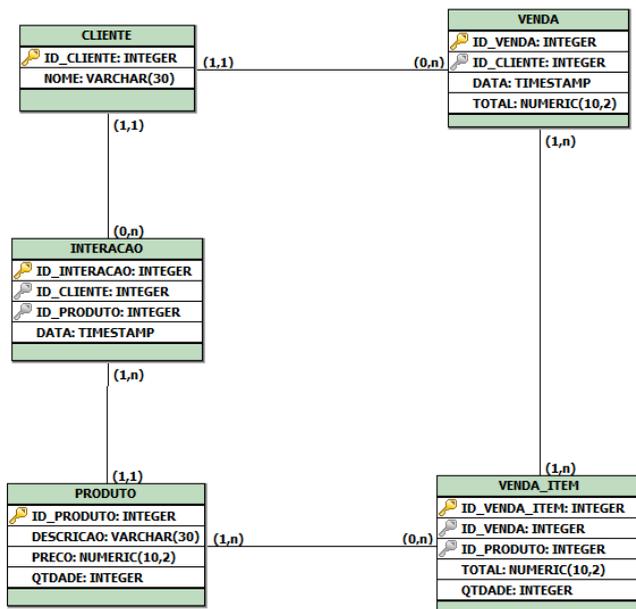


Fonte: Autor

4.3.4 Modelo de Dados

O modelo de dados representado pela (Figura 17) apresenta as tabelas necessárias para armazenar as interações dos usuários geradas pelo uso do aplicativo (tabela INTERACAO); os itens que fazem parte do domínio (tabela PRODUTO); a identificação dos usuários para recomendar possíveis itens (tabela CLIENTE); os itens adquiridos pelos usuários são persistidos de forma permanente (tabela VENDA_ITEM); que são agrupadas em um registro que contém a informação temporal (tabela VENDA).

Figura 17 – Modelo de Dados



Fonte: Autor

4.3.5 Geração de Recomendações

O processo de geração das recomendações ocorre a partir das interações realizadas pelos usuários no aplicativo, que são armazenadas em um banco de dados disponibilizado na camada de serviço. As informações dos produtos e dos usuários também são armazenadas no banco de dados, formando assim o insumo necessário para a geração das recomendações baseada em conteúdo e as recomendações colaborativas.

Após a identificação dos itens que o usuário adquiriu e a persistência destas informações nas respectivas tabelas de VENDA e VENDA_ITEM são realizadas buscas por itens na tabela de INTERACAO que não foram convertidos para a tabela de VENDA_ITEM com base no perfil do usuário. Neste momento, a execução de uma consulta SQL é realizada visando identificar a

diferença entre dois conjuntos, sendo eles o conjunto de INTERACAO e o conjunto de VENDA_ITEM.

Este processo de tratamento de informação que obtém a diferença do conjunto INTERACAO com o conjunto VENDA_ITEM resultará em possíveis recomendações por itens de interesse ao usuário, com uma abordagem de recomendação baseada em conteúdo.

A abordagem de recomendação colaborativa identifica em outros perfis de usuários os itens que foram adquiridos a partir da identificação dos itens de interesse de um usuário, assim identificando itens similares para recomendar ao usuário.

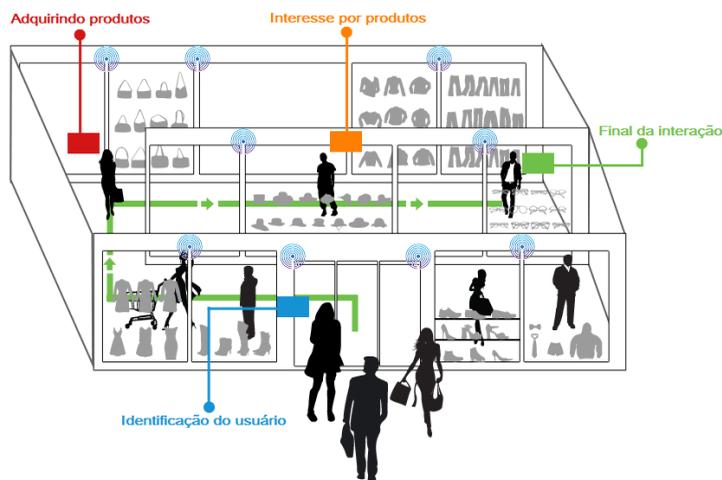
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados da avaliação do sistema proposto. Para tal, foi avaliado seu comportamento em algumas situações em que este foi submetido, verificando se o sistema de recomendação cumpre os requisitos descritos no Capítulo 4.

5.1 CENÁRIO DE APLICAÇÃO

A (Figura 18) apresenta uma sugestão de modelo para um cenário onde os usuários interagem com o ambiente composto por sensores que possibilitam uma interconexão de conteúdo, desta forma gerando a recomendação destes conteúdos aos usuários. Para o desenvolvimento do cenário do sistema proposto para este trabalho foi utilizado o laboratório.

Figura 18 – Cenário do sistema proposto.



Fonte: Adaptado de Nitro Mobile, 2016

Este cenário apresenta diversos sensores que estão posicionados para realizar uma melhor interação com os usuários, distribuídos com as funções de coletar informações de interesse e persistir em uma base de dados através dos sensores colocados nas prateleiras dos produtos, ou fornecer acesso às recomendações de itens que previamente foram marcados como itens de interesse.

Considerando o cenário, quando um usuário se aproxima da porta de entrada é possível verificar se o mesmo possui itens de interesse para recomendar. Durante o percurso do usuário são coletadas as informações das interações com os sensores disponibilizados no ambiente, através da conexão entre o dispositivo móvel e o sensor que o usuário interagiu.

Neste caso, é necessário que o dispositivo do usuário se aproxime dos sensores para coletar a informação de interesse e assim persistir em uma base de dados os itens das interações.

Além da decisão em adquirir um produto, é importante que o usuário estabeleça uma comunicação com o sensor deste objeto, para que assim o sistema de recomendação identifique a escolhido item.

Para cada grupo de produtos é possível visualizar sensores posicionados para identificar estes objetos, com o propósito de permitir que usuários realizem interações com estes sensores para contribuir no processo de geração de recomendação, coletando dos usuários as informações de interesse em adquirir no futuro alguns desses produtos.

O final da interação dos usuários com os sensores distribuídos pelo ambiente é caracterizado quando os usuários se deslocam até o setor de pagamento, para que os colaboradores do estabelecimento controlem a saída dos produtos adquiridos e efetuem a cobrança dos itens separados pelos usuários. Nesta etapa, o sistema de recomendação persiste em uma base de dados os itens adquiridos, indicando o fim do percurso da interação.

5.2 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

Apartir das informações coletadas dos sensores (Figura 19), que são o principal ponto de entrada de dados para o sistema proposto, as interações dos usuários são persistidas em uma base de dados sendo possível executar o processo de geração das recomendações.

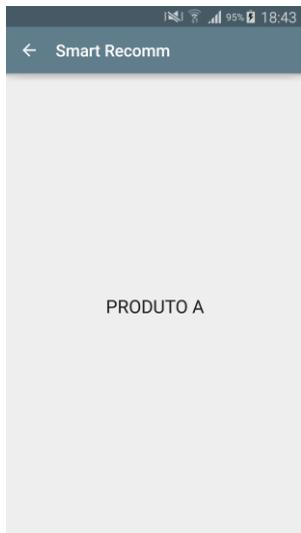
Figura 19 – TAG NFC.



Fonte: Autor

As informações coletadas dos sensores que estão posicionados próximos aos produtos através do uso de um dispositivo móvel com o sistema operacional Android®, enviam para a camada de serviço do sistema proposto os dados da identificação do produto, a identificação de qual usuário executou a ação e a data e hora da leitura, como apresenta a (Figura 20).

Figura 20 – Leitura de TAG.



Fonte: Autor

Com o intuito de demonstrar como as informações das interações estão armazenadas na base dados é apresentada a (Figura 21), com uma instrução SQL que realiza uma consulta para obter os dados das interações.

Figura 21 – Consulta das interações na base de dados.

near on postgres@PostgreSQL 9.6

```

1  SELECT "ID_INTERACAO", I."ID_CLIENTE", "NOME",
2      I."ID_PRODUTO", "DESCRICAO", "DATA"
3  FROM "INTERACAO" I
4  LEFT OUTER JOIN "CLIENTE" C ON C."ID_CLIENTE" = I."ID_CLIENTE"
5  LEFT OUTER JOIN "PRODUTO" P ON P."ID_PRODUTO" = I."ID_PRODUTO";

```

| Data Output | Explain | Messages | History | | |
|--------------------------|------------|----------------|------------|-----------|--------------------------|
| ID_INTERACAO | ID_CLIENTE | NOME | ID_PRODUTO | DESCRICAO | DATA |
| integer | integer | character | integer | character | timestamp with time zone |
| <input type="checkbox"/> | 8 | 1 CONSUMIDOR A | 1 | PRODUTO A | 2016-09-28 08:23:00-03 |
| <input type="checkbox"/> | 9 | 1 CONSUMIDOR A | 3 | PRODUTO C | 2016-09-28 08:43:00-03 |
| <input type="checkbox"/> | 10 | 1 CONSUMIDOR A | 5 | PRODUTO E | 2016-09-28 08:33:00-03 |

Fonte: Autor

Com a descrição destas etapas é possível observar que os dados de entrada das interações dos usuários através das leituras dos sensores são transmitidos para a camada de serviço e como estão armazenados na base de dados.

Na tabela INTERACAO são persistidos os itens de interesses dos usuários e os itens que serão adquiridos, nesta etapa ainda não estão definidos quais itens de fato os usuários compraram, somente será possível definir quais itens foram adquiridos quando for identificado o final da interação do usuário como descrito na sessão anterior.

A tabela VENDA_ITEM armazena os dados dos itens que o usuário adquiriu, os registros desta tabela são criados através da concretização de uma venda, estas informações são visualizadas através de uma consulta SQL, como apresentado na (Figura 22).

Figura 22 – Consulta de itens adquiridos.

near on postgres@PostgreSQL 9.6

```

1  SELECT "ID_VENDA_ITEM", "ID_VENDA", "ID_PRODUTO", "TOTAL",
2  "QTDADE"
3  FROM public."VENDA_ITEM";

```

| | Data Output | Explain | Messages | History | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| <input type="checkbox"/> | ID_VENDA_ITEM integer | ID_VENDA integer | ID_PRODUTO integer | TOTAL numeric (10,2) | QTDADE integer |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 1 | 3 | 30 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | 2 | 1 | 5 | 50 | 1 |

Fonte: Autor

O processo de geração das recomendações consiste em duas abordagens. A primeira abordagem consiste em recomendar aos usuários os produtos identificados como itens de interesse que ainda não foram adquiridos. Este processo identifica-se como uma abordagem de recomendação baseada em conteúdo.

Os resultados processados nas abordagens são entregues aos usuários através de um aplicativo instalado em um *smartphone*, conforme ilustra a Figura 23.

Figura 23 – Resultado da recomendação de itens com interesse.

The screenshot shows a mobile application interface with a dark header bar containing a back arrow, the text "Smart Recomm", and a search icon. Below the header, there is a list of five items, each on a separate light-colored row: "Produto A", "Produto B", "Produto C", "Produto D", and "Produto E". The background of the screen is a light gray color.

Fonte: Autor

Uma requisição enviada para a camada de serviços por um usuário inicia o processo de geração de recomendação que é obtido através de uma consulta SQL. O resultado desta recomendação é entregue ao aplicativo com trocas de mensagens utilizando o padrão JSON, este mesmo resultado pode ser visualizado na (Figura 24).

Figura 24 – Resultado do processo de recomendação na base de dados.

near on postgres@PostgreSQL 9.6

```

1  SELECT I."ID_PRODUTO", "DESCRICAO"
2  FROM "INTERACAO" I
3  LEFT OUTER JOIN "VENDA_ITEM" VI ON VI."ID_PRODUTO" = I."ID_PRODUTO"
4  LEFT OUTER JOIN "PRODUTO" P ON P."ID_PRODUTO" = I."ID_PRODUTO"
5  WHERE VI."ID_VENDA" IS NULL AND I."ID_CLIENTE" = 1
6  ORDER BY I."ID_PRODUTO"

```

Data Output Explain Messages History

| <input type="checkbox"/> | ID_PRODUTO integer | DESCRICAO character | |
|--------------------------|-----------------------|------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | 1 | PRODUTO A | |
| <input type="checkbox"/> | 2 | PRODUTO B | |
| <input type="checkbox"/> | 3 | PRODUTO C | |
| <input type="checkbox"/> | 4 | PRODUTO D | |
| <input type="checkbox"/> | 5 | PRODUTO E | |

Fonte: Autor

A segunda técnica utilizada para recomendar prováveis itens de interesse aos usuários utiliza uma abordagem de recomendação colaborativa, identificando a similaridade entre os itens das interações dos perfis dos usuários, ou seja, analisando itens de interesse que não foram adquiridos com base em itens semelhantes obtidos entre os usuários.

A Tabela 6 tem como objetivo demonstrar as interações de dois usuários, onde o Usuário₂ tem interesse no Produto_A e no Produto_B, e o Usuário₃ tem interesse no Produto_A e no Produto_C.

Tabela 5 – Tabela de itens em interesse para abordagem colaborativa.

| Usuários | Produto _A | Produto _B | Produto _C |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Usuário ₂ | X | X | |
| Usuário ₃ | X | | X |

Fonte: Autor

Após os usuários definirem seus interesses, apenas alguns itens são adquiridos como é possível visualizar na Tabela 7.

Tabela 6 – Tabela de itens adquiridos para abordagem colaborativa.

| Usuários | Produto _A | Produto _B | Produto _C |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Usuário ₂ | X | | |
| Usuário ₃ | X | | |

Fonte: Autor

Como é possível analisar os usuários possuem itens semelhantes adquiridos, neste caso o Produto_A. Os outros itens desta interação serão recomendados aos usuários no processo de geração de recomendação colaborativa.

A (Figura 25) demonstra uma instrução SQL que apresenta os itens de interesse do Usuário₃ que não foram adquiridos, e identifica a similaridade entre os itens de interesse de outros usuários que o Usuário₃ ainda não adquiriu. Ou seja, a recomendação é efetuada analisando-se o perfil de consumo de outros usuários sugerindo-se itens que determinado usuário, neste caso o Usuário₃, ainda não adquiriu.

Figura 25 – Resultado da recomendação colaborativa.

```

near on postgres@PostgreSQL 9.6
1  SELECT R."ID_PRODUTO",
2      R."DESCRICAO"
3  FROM   (SELECT I."ID_CLIENTE",
4             I."ID_PRODUTO",
5             P."DESCRICAO"
6          FROM   "INTERACAO" I
7             LEFT OUTER JOIN "PRODUTO" P ON P."ID_PRODUTO" = I."ID_PRODUTO"
8             LEFT OUTER JOIN "VENDA_ITEM" VI ON VI."ID_PRODUTO" = I."ID_PRODUTO"
9          WHERE  "ID_CLIENTE" <> 3 AND VI."ID_VENDA" IS NULL
10         UNION
11         SELECT I."ID_CLIENTE",
12                I."ID_PRODUTO",
13                P."DESCRICAO"
14          FROM   "INTERACAO" I
15             LEFT OUTER JOIN "PRODUTO" P ON P."ID_PRODUTO" = I."ID_PRODUTO"
16             LEFT OUTER JOIN "VENDA_ITEM" VI ON VI."ID_PRODUTO" = I."ID_PRODUTO"
17          WHERE  "ID_CLIENTE" = 3 AND VI."ID_VENDA" IS NULL
18        ) R
19  ORDER BY R."ID_PRODUTO"
20

```

| Data Output | | Explain | Messages | History |
|-------------------------------------|-----------------------|---------|------------------------|---------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | ID_PRODUTO integer | | DESCRICAO character | |
| <input type="checkbox"/> | | 2 | PRODUTO B | |
| <input type="checkbox"/> | | 3 | PRODUTO C | |

Fonte: Autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Gradativamente os avanços tecnológicos nas redes de comunicação sem fio estão proporcionando o surgimento de diversas possibilidades para aplicações baseadas no conceito de Internet das Coisas.

O objetivo deste trabalho foi propor um sistema de recomendação com base no conceito de Internet das Coisas, onde foram utilizados sensores sem fio para interagir com os usuários através de um aplicativo e coletar o interesse por produtos posicionados próximos aos sensores.

Para atingir este objetivo, realizou-se inicialmente o levantamento bibliográfico nas áreas de pesquisa envolvidas no trabalho, citam-se os Sistemas de Recomendação, as Redes de Comunicação sem Fio e a Internet das Coisas. Através dos conhecimentos obtidos nestas etapas, foi possível desenvolver um protótipo para a plataforma Android® que se conecta com os sensores a fim de estabelecer a leitura de dados.

O aplicativo desenvolvido neste trabalho para possibilitar a leitura, gravação e visualização das recomendações de um usuário foi batizado de *SmartRecomm*. Este aplicativo funciona com o auxílio de um dispositivo móvel na plataforma Android®. Além disso, existe a necessidade de TAGs estarem devidamente identificadas com informações de algum produto e posicionadas próximas ao objeto cadastrado. Os sensores são produzidos com a tecnologia NFC que cada vez mais se tornam comuns no mercado e com um baixo custo de aquisição.

O sistema de recomendação *SmartRecomm* apresenta uma classe de serviço Android® que é responsável por gerenciar as funções da API do NFC, realizando a leitura ou a gravação de informações das TAGs quando se aproximam do dispositivo móvel.

Para a aplicação da filtragem baseada em conteúdo torna-se necessária a interação dos usuários com os sensores, coletando informações de interesse por determinados itens. A partir destas informações foi possível realizar as recomendações baseadas em conteúdo.

Para as recomendações geradas pela filtragem colaborativa foi necessário verificar as interações entre os outros perfis de usuários. Estes dados serviram como insumo para a execução de análises de itens levando em consideração as interações de usuários e assim, possibilitar a geração de recomendações utilizando esta abordagem.

O desenvolvimento do aplicativo teve como objetivo a comunicação com sensores sem fio utilizando o conceito de Internet das

Coisas, bem como, utilizar dos conceitos de recomendação baseada em filtragem colaborativa e recomendação baseada em conteúdo que pertencem aos Sistemas de Recomendação.

Através da apresentação dos resultados foi possível constatar o êxito na geração das recomendações. As recomendações tiveram como insumo as leituras efetuadas pela aplicação móvel a partir das informações registradas nos sensores NFCs. Neste sentido, o objetivo geral do trabalho foi atingido.

O desenvolvimento do trabalho levantou possibilidades para trabalhos futuros. Entre estas citam-se a utilização de sensores *Bluetooth* para a identificação dos usuários assim que se aproximem da entrada do estabelecimento, sem a necessidade da aproximação do dispositivo móvel ao sensor NFC. Isto permitira que usuários possam entrar no estabelecimento sem a necessidade de uma pausa para a sua identificação.

A utilização de uma nova abordagem para recomendar os prováveis itens de interesse com base no perfil de outros usuários, e verificar se o item sugerido por esta recomendação foi realmente identificado como um possível produto de interesse ao usuário. Desta forma, espera-se gerar recomendações mais precisas que a abordagem de filtragem colaborativa aplicada no trabalho.

Finalmente, uma versão do aplicativo para outras plataformas de dispositivos móveis disponíveis no mercado como a plataforma iOS® seria adequada. A disponibilização do protótipo em outras plataformas visa aumentar a base de possíveis usuários.

REFERENCIAS

ADOMAVICIUS, Gediminas; TUZHILIN, Alexander. Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions. **Knowledge And Data Engineering**, S. I., v. 17, n. 6, p.734-749, jun. 2005.

AHN, J. H.; LEE, S. H.; LEE, T.-J. Anti Collision Protocol for Coexistence of RFID and NFC P2P Communications. **IEEE Communications Letters**, v. 7798, n. c, p. 1–1, 2016.

BAHAREHSHAMSZAMENJANI, E. **Marketing based on user behavior in Facebook social network through recommender system design**. nov. 2015.

BICEN, H.; ARNAVUT, A. Determining the effects of technological tool use habits on social lives. **Computers in Human Behavior**, v. 48, p. 457–462, 2015.

BLUETOOTH SIG. **Bluetooth Low Energy - Bluetooth Development Portal**. Disponível em: <<https://developer.bluetooth.org/TechnologyOverview/Pages/BLE.aspx>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BOBADILLA, J. et al. Recommender systems survey. **Knowledge-Based Systems**, v. 46, p. 109–132, 2013.

BOK, K. et al. Social group recommendation based on dynamic profiles and collaborative filtering. **Neurocomputing**, v. 209, p. 3–13, 2016.

BOUALOUACHE, A. E. et al. A BLE-based data collection system for IoT. **New Technologies of Information and Communication (NTIC)**, p. 1-5, 2015.

BURKE, Robin. Hybrid recommender systems: Survey and experiments. **User Modeling and User Adapted Interaction**, v.12, n. 6, p. 331–370, nov. 2002.

CAZELLA, S. C.; NUNES, M. A.; REATEGUI, Eliseo. A Ciência da Opinião: Estado da arte em Sistemas de Recomendação. In: André Ponce de Leon F. de Carvalho; Tomasz Kowaltowski. (Org.).. (Org.). JAI: **Jornada**

de Atualização em Informática da SBC. Rio de Janeiro: Editora da PUC Rio, v. , p. 161-216, 2010.

CHANG, K.-H.; CONSULTING, C. Bluetooth: A Viable Solution for IoT? n. dez. 2014.

CHESÑEVAR, C. I.; MAGUITMAN, A. G.; SIMARI, G. R. Argument-based critics and recommenders: A qualitative perspective on user support systems. **Data and Knowledge Engineering**, 2006.

CHO, H.; KYUNG, C.; BAEK, Y. Energy-Efficient and Fast Collection Method for Smart Sensor Monitoring Systems. **2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)**, p. 1440–1445, 2013.

CHUNG, K.-S.; TUNG, T. Q.; KEUM, C. **A design of smart docent service using hybrid recommenders.** 2016.

DI PIETRO, R. et al. Security in wireless ad-hoc networks – A survey. **Computer Communications**, v. 51, p. 1–20, set. 2014.

DRAGUSHA, MS. K.; KOSUMI, A. Center for Electronic Payments NFC payment. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 8, p. 44–49, 2013.

DURSCH, A.; YEN, D. C.; SHIH, D. H. Bluetooth technology: An exploratory study of the analysis and implementation frameworks. **Computer Standards and Interfaces**, v. 26, n. 4, p. 263–277, 2004.

EVANS, D. A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. 2011.

FACTORSIM. **iBeacon: What is it? What is it used for?** Disponível em: <<http://www.factorsim.info/2014/10/17/ibeacon-used/?lang=en/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

FOURTY, N. et al. Comparative analysis of new high data rate wireless communication technologies “From Wi-Fi to WiMAX”. **Joint International Conference on Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services - (icas-isns’05)**, p. 0–5, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLDBERG, D. et al. Using collaborative filtering to weave an information tapestry. **Communications of the Association of Computing Machinery**, v. 35, n. 12, p. 61-70, 1992.

GOOGLE. **Bluetooth Low Energy | Android Developers**. Disponível em: <<https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le.html>>. Acesso em: 09 ago. 2016.

GREENGARD, S. **The Internet of Things (The MIT Press Essential Knowledge series)**. [s.l.] The MIT Press, 2015.

HUANG, Y.; LI, G. Descriptive models for Internet of Things. **International Conference on Intelligent Control and Information Processing**, p. 483–486, 2010.

ISSOVITS, W.; HUTTER, M. Weaknesses of the ISO/IEC 14443 protocol regarding relay attacks. **2011 IEEE International Conference on RFID-Technologies and Applications**, p. 335–342, 2011.

JACOB, J. et al. **Mobile attendance using Near Field Communication and One-Time Password**. Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 2015.

JAYAVARDHANA, G. et al. **Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions**. Future Generation Computer Systems, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, set. 2013.

KATIYAR, K.; GUPTA, H.; GUPTA, A. **Integrating contactless Near Field Communication and context-aware systems: Improved Internet-of-Things and cyberphysical systems**, 2014.

KIM, B. M. et al. A new approach for combining content-based and collaborative filters. **Journal of Intelligent Information Systems**, v. 27, n. 1, p. 79–91, 2006.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down. In: **Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down**. [s.l.: s.n.]. p. 614.

LEMOS, A. Cibercultura e Mobilidade: a Era da Conexão. **Razon y Palavra**, n. 41, p. 1, 2004.

LU, J. et al. Recommender system application developments: A survey. **Decision Support Systems**, v. 74, p. 12–32, 2015.

MELVILLE, Prem; SINDHWANI, Vikas. Recommender Systems. In: SAMMUT, Claude; WEBB, Geoffrey I.. **Encyclopedia of Machine Learning**. S. I.: Springer, 2011. p. 829-838.

MENDES, D. R. Redes de Computadores Teoria e Prática. In: [s.l: s.n.]. p. 384.

METTOURIS, Christos; PAPAPOPOULOS, George A. Ubiquitous recommender systems. **Journal Computing**, Vienna, v. 96, n. 3, p.223-257, 1 mar. 2014.

NITRO MOBILE. **Five tips for Testing iBeacons**. Disponível em: <<https://www.nitrosolutions.com/blog/category/technology/ibeacons/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

PICAULT, Jérôme. et al. How to Get the Recommender Out of the Lab? In: RICCI, Francesco et al. **Recommender Systems Handbook**. New York: Springer, 2011. Cap. 10. p. 333-365.

QI BI; ZYSMAN, G. L.; MENKES, H. Wireless mobile communications at the start of the 21st century. **IEEE Communications Magazine**, v. 39, n. 1, p. 110–116, 25 fev. 2001.

RESNICK, P.; IACOVOU, N.; SUCHAK, M.; BERGSTORM, P.; RIEDL, J. GroupLens: An Open Architecture for Collaborative Filtering of Netnews. In: **Proceedings of ACM 1994 Conference on Computer Supported Cooperative Work**, 1994, Chapel Hill, North Carolina. Anais.ACM.p.175–186.

RICCI, Francesco et al.(Ed.). **Recommender Systems Handbook**. New York: Springer, 2011. 842 p.

RICCI, Francesco; ROKACH, Lior; SHAPIRA, Bracha. Introduction to Recommender Systems Handbook. In: RICCI, FRANCESCO et al (Ed.). **Recommender Systems Handbook**. S. I.: Springer, 2011. p. 1-35.

SACCOL, A. Z.; REINHARD, N. Tecnologias de informação móveis, sem fio e ubíquas: definições, estado-da-arte e oportunidades de pesquisa. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 11, n. 4, p. 175–198, 2007.

SANTOS, S. T. DOS. Redes De Sensores Sem Fio Em Monitoramento E Controle. **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**, p. 71, 2007.

SCHILLER, Jochen. **Mobile Communications: (Second Edition)**.2.ed. Edinburgh Gate: Pearson Education, p. 492, 2003.

SHARDANAND, U.; MAES, P.(1995) Social Information Filtering: Algorithms for Automating “Word of Mouth”. In: **ACM CHI’95 CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS**.Proceedings....[S.l.: s.n.], 1995.v.1, p.210–217.

SHARIATI, S. M.; ABOUZARJOMEHRI, A.; AHMADZADEGAN, M. H. **Investigating NFC technology from the perspective of security, analysis of attacks and existing risk**, nov. 2015.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa elaboração de dissertação**.3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SOMMERVILLE, I. **ENGENHARIA DE SOFTWARE**. São Paulo ed . [s.l.] São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2007.

SURESH, P.; DANIEL, J. V.; ASWATHY, R. H. A state of the art review on the Internet of Things (IoT) History , Technology and fields of deployment. 2014.

TANENBAUM, Andrew S; SOUZA, Vandenberg D. **Redes de Computadores**.4. ed. Rio de Janeiro: Campus, p. 945, 2005.

TELECO. **LAN/MAN Wireless I: Redes sem Fio**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwanman1/pagina_2.asp>. Acesso em: 05 ago. 2016.

TORRES, Roberto. **Personalização na Internet: como descobrir os hábitos de consumo de seus clientes, fidelizá-los e aumentar o lucro de seu negócio**. São Paulo: Novatec, 2004.

WEBER, R. H. **Internet of things – Governance quo vadis?**, Computer Law & Security Review, v. 29, n. 4, p. 341-347, ago. 2013.

ZENG, J. et al. **A Restaurant Recommender System Based on User Preference and Location in Mobile Environment.**2016.