



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

GALILEU MENDES DE ARAÚJO

ARYA: UM SERVIÇO DE REGISTRO DE LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS
UTILIZANDO RFIDS PASSIVAS

CRATEÚS, CEARÁ

2019

GALILEU MENDES DE ARAÚJO

ARYA: UM SERVIÇO DE REGISTRO DE LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS UTILIZANDO
RFIDS PASSIVAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Sistemas de Informação
Campus de Crateús da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Msc. Filipe Fernandes
dos Santos Brasil de Matos

Co-Orientador: Prof. Msc. André Meire-
les de Andrade

CRATEÚS, CEARÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A689a Araújo, Galileu Mendes de.
ARYA: um serviço de registros de localização de objetos utilizando RFIDS passivas. / Galileu Mendes de Araújo. – 2019.
55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Sistemas de Informação, Crateús, 2019.

Orientação: Prof. Me. Filipe Fernandes dos Santos Brasil de Matos.

Coorientação: Prof. Me. André Meireles de Andrade.

1. Application Programming Interfaces. 2. Localização. 3. Registro de Objetos. 4. Radio-Frequency Identification. I. Título.

CDD 005

GALILEU MENDES DE ARAÚJO

ARYA: UM SERVIÇO DE REGISTRO DE LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS UTILIZANDO
RFIDS PASSIVAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Sistemas de Informação
Campus de Crateús da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Filipe Fernandes dos Santos Brasil de
Matos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Msc. André Meireles de
Andrade (Co-Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Msc. Lívio Antonio Melo Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Msc. Allysson Alex de Paula Araújo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha família, por acreditarem no meu potencial. Mãe, seu cuidado e dedicação deram, em momentos cruciais, a esperança para seguir em frente. Pai, sua lembrança significa o sonho a ser seguido e proporcionou a certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente e por proporcionar a confiança, saúde e força para superar todas as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram esse momento.

Ao Prof. Msc. Filipe Fernandes dos Santos Brasil de Matos por me orientar, pelo suporte, correções e incentivos. O seu cuidado e dedicação foram essenciais.

Ao Prof. Msc. André Meireles de Andrade pelo apoio, correções e incentivo. A sua compaixão e confiança mostraram, em diversas vezes, o caminho correto a ser trilhado.

A Prof. Msc Lisieux Andrade por toda a ajuda e retificações.

A querida Rebeca Rodrigues de Andrade por todo o amor, apoio, compreensão e por nunca duvidar do meu potencial.

A Vladwoguer Marcelino de Souza Bezerra por todo o ensino, o auxílio e o apoio. Sua amizade foi essencial.

A Paulo Henrique de Sousa de Araujo pela amizade e por todas as correções.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu mais sincero agradecimento.

“E não vos conformeis com este mundo, mas transformai-vos pela renovação do vosso entendimento, para que experimenteis qual seja a boa, agradável e perfeita vontade de Deus.”

(Bíblia Sagrada, Romanos 12:2)

RESUMO

A Universidade Federal do Ceará (UFC) tem passado por uma expansão infraestrutural, de patrimônio, discentes e de servidores nos últimos anos. Este crescimento veio acompanhado do desenvolvimento de sistemas e novas tecnologias com o intuito de auxiliar a automação de serviços, a comunicação entre setores, a catalogação e o controle da movimentação de equipamentos. Existem uma variedade de formas que os sistemas empregados catalogam e distribuem as informações básicas dessas entidades para reconhecimento em software como, por exemplo, matrícula e tombamento. Observando a conveniência da existência de um registro de presença dos objetos físicos, em locais distintos do ambiente e em um instante temporal, para realização e comprovação de diversos serviços como, por exemplo, chamadas em sala de aula, empréstimo de livros na biblioteca e registro em tempo real para utilização do restaurante universitário. Tendo em vista a necessidade dos que usufruem da infraestrutura do ambiente acadêmico e que utilizam os serviços e sistemas, bem como o custo gerado para a criação de novos sistemas, e tendo como um fator determinante a diversidade de representações, a localização de tais itens não é possível de uma forma unificada. Propõe-se a criação de um conjunto de Interfaces de Programação de Aplicativos que forneçam um conjunto de serviços que permitam a utilização de diversos sistemas, através de dados básicos acerca de objetos e suas localizações, bem como a criação de um método ou ferramenta que permita a classificação e agrupamento de todos os objetos e entidades físicas, atrelando tudo a um cenário atual e futuro. Tudo isso através de uma plataforma que permita a coleta e gerência das informações unificadas dos objetos de modo que se possa gerar um registro de presença de objeto, utilizando leitura de tags RFID para controle de objetos, uma numeração para catalogar de maneira única e individual todos os objetos e um conjunto de serviços para gerenciar tais informações de modo temporal. Foram desenvolvidos casos de uso que fazem referência a aplicações de registro chamada de alunos em sala de aula e rastreamento de movimentação de patrimônio da universidade entre setores. Ambos casos utilizam a arquitetura proposta com a finalidade de demonstrar a sua usabilidade no auxílio da criação de sistemas distintos.

Palavras-chave: *Application Programming Interfaces*. Localização. Registro de Objetos. *Radio-Frequency Identification*

ABSTRACT

The Federal University of Ceará (UFC) has undergone an infrastructure, heritage, student and server expansion in recent years. This growth was accompanied by the development of systems and new technologies in order to assist service automation, communication sectors, cataloguing and control of equipment movement. There are a variety of ways that the employed systems catalog and distribute the basic information of these entities for software recognition, such as enrollment and tipping. Observing the convenience of the existence of a record of presence of physical objects, in different locations of the environment and in a temporal instant, for the realization and proof of various services, such as classroom calls, book loan in the library and real-time registration for university restaurant use. In view of the need for those who enjoy the infrastructure of the academic environment and who use services and systems, as well as the cost generated for the creation of new systems, and having as a determining factor the diversity of representations, the location of such items is not possible in a unified way. It is proposed to create a set of Application Programming Interfaces that provide a set of services that allow the use of various systems, through basic data about objects and their locations, as well as the creation of a method or tool that allows the classification and grouping of all objects and physical entities, attaching everything to a current and future scenario. All this through a platform that allows the collection and management of unified information from objects so that you can generate a object presence record, using RFID tag reading for object control, a numbering to catalog in a single and individual way all objects and a set of services to manage such information temporally. Use cases have been developed that refer to registration applications called students in the classroom and university heritage movement screening between sectors. Both cases use the proposed architecture in order to demonstrate its usability in helping to create different systems.

Keywords: Application Programming Interfaces. Object Registration. Location. Radio-Frequency Identification

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Composição de um sistema RFID	16
Figura 2 – Especificação do EPC	20
Figura 3 – Organograma Administração Superior	21
Figura 4 – Organograma Administração Acadêmica	22
Figura 5 – Representação Esquemática do Modelo REST	25
Figura 6 – REST e os Métodos HTTP	27
Figura 7 – Camadas da Plataforma de Localização	30
Figura 8 – Interação Entre os Módulos de Processamento da Informação	30
Figura 9 – Diagrama de Comunicação Entre Componentes do Sistema Web Baseado em RFID	32
Figura 10 – Diagrama Arquitetônico do Sistema	34
Figura 11 – Arquitetura EPC ARYA	37
Figura 12 – EPC Modificado	38
Figura 13 – Etiqueta RFID	40
Figura 14 – Antena RFID	41
Figura 15 – Coletor de Informações	42
Figura 16 – Sistema ARYA	43
Figura 17 – Documentação da API ARYA	44
Figura 18 – Função getDevices	44
Figura 19 – Interface de Usuário Genérica	45
Figura 20 – Diagrama de Casos de Uso EPC ARYA	46
Figura 21 – Interface de Cadastro EPC	47
Figura 22 – Diagrama de Atividades - Registro de Chamada	50
Figura 23 – Interface de Visualização dos Registros de Chamada	50
Figura 24 – Diagrama de Atividades - Rastreamento de Patrimônio	52
Figura 25 – Interface de Visualização do Rastreamento de Patrimônio	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contextualização	12
1.2	Justificativa	13
1.3	Objetivos	14
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo Geral</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos Especificos</i>	<i>14</i>
1.4	Organização do Trabalho	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	16
2.1	RFID	16
2.2	EPC	17
2.3	UFC	21
2.4	REST	23
3	TRABALHOS RELACIONADOS	29
3.1	Location based services platform using multiple sources including a radio frequency identification data source	29
3.2	An Emerging Application Centric RFID Framework Based on New Web Technology	31
3.3	Giving RFID a REST: Building a Web-Enabled EPCIS	33
4	PROPOSTA	36
4.1	Arquitetura Geral	36
4.2	Componentes de Hardware:	40
<i>4.2.1</i>	<i>Etiqueta RFID</i>	<i>40</i>
<i>4.2.2</i>	<i>Antena RFID</i>	<i>41</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Coletor de Informações</i>	<i>41</i>
4.3	Servidor REST e Banco de Dados	42
4.4	Comunicação e Documentação:	43
5	RESULTADOS	45
5.1	Aplicações Cliente	45
<i>5.1.1</i>	<i>Gravação de Etiquetas</i>	<i>46</i>
<i>5.1.2</i>	<i>Leitura de Etiquetas</i>	<i>48</i>

5.2	Casos de Uso	48
5.2.1	<i>Registro de Chamada em Sala de Aula</i>	48
5.2.2	<i>Rastreio de Movimentação de Patrimônio Entre Setores</i>	50
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A Universidade Federal do Ceará (UFC) tem vivenciado uma expansão infraestrutural, de patrimônio, de discentes e de servidores nos últimos anos UFC (2019). Este crescimento também veio acompanhado com o desenvolvimento de sistemas e de novas tecnologias com o intuito de auxiliar a automação de serviços, a comunicação entre setores, a catalogação e o controle da movimentação de equipamentos.

Com o avanço tecnológico e a adoção de novos equipamentos e sistemas para a solução de problemáticas recorrentes, percebeu-se a heterogeneidade entre sistemas e soluções adotadas dentro do ambiente universitário como, por exemplo, a utilização do Restaurante Universitário, os serviços ofertados pela Biblioteca Universitária, dentre outros. Esses são serviços que empregam identificações distintas para as diversas entidades dentro da universidade como, por exemplo, alunos, servidores e objetos físicos que pertencem à universidade.

Até o momento, sempre que um novo sistema é criado dentro da universidade e este utiliza serviços existentes ou realiza a criação de novos, o mesmo deve aplicar a identificação de recursos (humano ou material) já empregada em outros sistemas universitários e que não se correlacionam entre si. Um exemplo seria a matrícula atribuída aos alunos, que é uma numeração única de 6 dígitos, e a matrícula SIAPE atribuída aos docentes e servidores técnico-administrativo, que é uma numeração única de 7 dígitos.

Conforme Finkenzeller (2010), nos últimos anos os procedimentos para identificação automática de objetos vêm se tornando populares, principalmente em vertentes da indústria, como, por exemplo, logística de compras e distribuição, empresas de fabricação, sistemas de fluxo de materiais, dentre outros. Uma das formas mais conhecidas de identificação de objetos é a de código de barras. Contudo, esta solução se tornou bastante inadequada para os procedimentos modernos, pois, embora seja uma solução barata, os códigos de barras possuem uma baixa capacidade de armazenamento de dados e uma incapacidade de reprogramação.

Neste contexto, segundo Brock (2001), surgiu uma solução denominada de Código Eletrônico de Produto, do inglês, *Electronic Product Code* (EPC). O EPC, enquanto tecnologia de enumeração única de objetos, cumpre o papel de atribuir identificações e fornecer, em tais identificadores, propriedades como extensividade, informações incorporadas ao identificador, dentre outras. O EPC e suas características serão melhor definidos posteriormente.

Como aditivo ao uso de identificadores de objetos e a necessidade de informações sobre um objeto ou sobre um grupo deles, surgiu uma tecnologia denominada de Identificação por Frequência de Rádio (do inglês, *Radio-Frequency Identification*, RFID). No RFID, a transferência de dados acontece sem qualquer tipo de contato entre o leitor e a fonte de informações. No caso mais simples, a energia necessária para operar a fonte de informações também é transferida do leitor para o receptor sem qualquer tipo de contato. De acordo com RFID Mundial Canadá, em 2011, o mundo gastou cerca de U\$6.37 bilhões de dólares em chips RFID e está previsto crescimento para mais de US\$ 20 bilhões até 2015 conforme dito por Assespro (2015).

Baseado na problemática de criação de uma numeração única para todos os objetos físicos dentro da UFC, bem como a criação de um sistema que possa registrar, em tempo real, a localização de objetos, observou-se possível utilização de padrões de numeração única de objetos físicos como o Código Eletrônico de Produtos, em conjunto de padrões arquiteturais de criação de serviços web, como a Transferência Representacional de Estado, do inglês, *Representational State Transfer* (REST).

Foram analisadas, com a finalidade de compreender as melhores abordagens e montar uma arquitetura, as necessidades requeridas para a criação de uma base que pudesse unificar a representação individual de objetos na UFC e prover uma plataforma de registro de localização foram analisadas as arquiteturas propostas nos seguintes trabalhos: Honisch (2011), Sharma *et al.* (2018) e Guinard *et al.* (2010).

Tais trabalhos trazem referências importantes, que servem como base de estudo e implementação direta de ideias e modelos para a proposta de solução para a problemática abordada. Juntamente da análise das arquiteturas e em conjunto com outras fontes de estudo, o presente trabalho visa a elaboração de um padrão de identificação única, baseado em EPC, para objetos físicos dentro da universidade bem como a construção de uma arquitetura que provê serviços web para acesso e registro desses objetos em tempo real. Este trabalho apresenta ainda alguns casos de uso que demonstram como aplicações de diferentes contextos podem fazer uso do serviço de localização de objetos únicos, como: Realização de chamada em sala de aula, empréstimo de livros na biblioteca, utilização de *tickets* no restaurante universitário e etc.

1.2 Justificativa

Sob a óptica de crescimento contínuo e de avanço nas tecnologias e métodos empregados dentro do ambiente universitário, que afetam diretamente o cotidiano de todo o recurso

humano que usufrui dos serviços ofertados pela universidade, a presente pesquisa ganha pertinência quando vista da perspectiva de otimização dos processos já existentes e no fornecimento de subsídio tecnológico para o desenvolvimento facilitado de diversas aplicações que façam uso de registro de localização de objetos.

1.3 Objetivos

Os objetivos gerais e específicos deste trabalho estão descritos abaixo.

1.3.1 *Objetivo Geral*

A presente pesquisa procura desenvolver uma solução para as problemáticas de identificação única de objetos e de registro de localização de objetos no ambiente universitário da UFC. O objetivo principal é desenvolver um método de enumeração de objetos que possa comportar todos os objetos físicos no ambiente descrito e, de posse dessa identificação, realizar a criação de um sistema que sirva como um recurso para criação de aplicações que possam fazer acesso a essas informações de localização sobre os objetos de maneira facilitada e unificada.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Identificar os possíveis componentes de hardware, arquiteturas de software e ferramentas de construção de APIs através de uma busca que englobe sistemas já existentes e práticas de mercado na construção de arquiteturas de software
- Descrever uma arquitetura de software que empregue ferramentas de construção de software como, por exemplo, linguagem de programação JAVA e framework Springboot bem como a arquitetura REST.
- Construir um sistema que se utilize dos componentes de hardware escolhidos e baseado na arquitetura proposta. Os componentes de hardware são: Etiqueta RFID passiva, Antena RFID RC522 e Raspberry Pi 3 modelo B
- Desenvolver duas aplicações de exemplo, usando a arquitetura proposta. As aplicações servirão de Prova de Conceito e empregam conceitos de registro em sala de aula e de mobilidade de objetos intercampi.

1.4 Organização do Trabalho

Esta monografia está organizada em 6 capítulos. Os tópicos a serem abordados em cada um deles são descritos em seguida. No primeiro capítulo, foi feita uma breve descrição do problema a ser abordado, a motivação para o seu desenvolvimento e a forma de abordagem empregada para a criação e desenvolvimento de uma solução viável para a problemática abordada.

No segundo capítulo será apresentada a fundamentação teórica do trabalho. Serão apresentadas as definições formais acerca das principais tecnologias e campos de pesquisa utilizados na investigação. Tal seção traz consigo o estudo aprofundado e formal das ferramentas utilizadas neste estudo para, por exemplo, criação de enumerações únicas e criação de sistemas web. Em particular, um breve comentário sobre a organização interna da Universidade Federal do Ceará (UFC) e as tecnologias REST, RFID e EPC.

O terceiro capítulo dispõe de trabalhos relacionados ao tema e que foram utilizados como base de pesquisa e comparação para a criação de uma arquitetura única que agregasse as melhores práticas, definidas e apresentadas por cada pesquisa, para que a solução final atendesse ao problema proposto. No quarto capítulo, é apresentada uma proposta de arquitetura que desenvolve os conceitos de EPC na criação de uma enumeração única que contemple o ambiente universitário e que seja armazenada em etiquetas, usufruindo de uma arquitetura RFID. Será apresentada também uma arquitetura web baseada no padrão REST, para utilização da enumeração, para cadastro e busca de registros de presença de objetos.

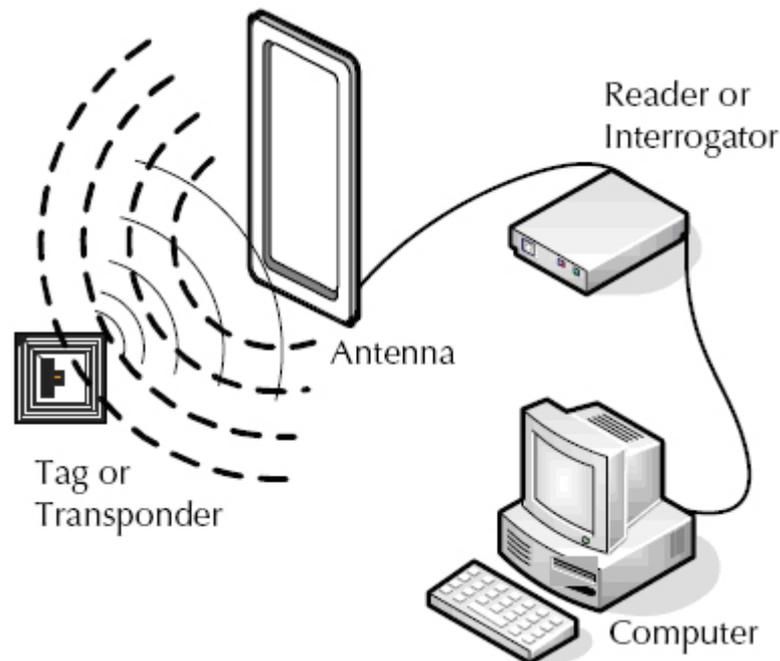
O quinto capítulo desenvolve com detalhes todas as ferramentas e equipamentos definidos e utilizados na criação da enumeração. O mesmo também descreve dois casos de uso que são utilizados como prova de conceito. O primeiro caso de uso realiza o registro de presença de alunos em sala de aula e o segundo realiza o rastreamento de movimentação de patrimônio entre setores da universidade. Em seguida, são analisados os resultados quanto ao cumprimento dos objetivos do trabalho. Por fim, no sexto capítulo, serão feitas as conclusões acerca do trabalho desenvolvido, bem como uma visão global das propostas para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RFID

O RFID é um método de identificação automática de objetos por radio frequência. Os trabalhos de Igoe (2012) e Finkenzeller (2010) fornecem grandes bases de conhecimento, podemos assim, fazer um comparativo entre o RFID e o reconhecimento de códigos de barras, pois ambos tem o objetivo de identificar objetos. Contudo, as tags RFID são componentes físicos (por exemplo, etiquetas, cartões, microchips, discos, moedas, dentre outros) que respondem a um sinal de rádio de baixa frequência emitido por um leitor e podem ser identificadas mesmo não estando diretamente visíveis, em que o fornecimento de energia e a troca de dados é realizada usando campos magnéticos entre o leitor e a tag. De maneira contrária a um reconhecimento por código de barras, onde a sequência do código de barras deve estar completamente visível ao leitor para que ele possa ler e identificar as informações do objeto. A Figura 1 mostra o funcionamento geral e os principais componentes de um sistema RFID.

Figura 1 – Composição de um sistema RFID



Fonte: Technologies (2017)

Um sistema RFID é composto por uma ou mais tags ou transponders RFID que são capazes de armazenar dados simples estaticamente como, por exemplo, um identificador. Cada tag também possui uma antena interna para transmissão e recepção de ondas de radiofrequência.

Durante a recepção, estas ondas energizam o circuito interno da tag RFID e fazem com que ela transmita, também utilizando ondas de radiofrequência, os dados nela contidos. Esses dados são capturados por um leitor ou interrogador RFID que recebe informações da antena e funciona como um middleware, agindo como um canal de comunicação entre uma central de processamento (como, por exemplo, um computador) e as tags RFID presentes no sistema. Esta central, por sua vez, terá o papel de manipular (processar e/ou persistir) todas as informações recebidas.

Segundo Want (2006), as tags RFID são divididas em dois tipos: passiva e ativa. As etiquetas (tags) passivas contêm um circuito integrado que possui um transmissor de rádio básico e uma pequena quantidade de memória não-volátil e não possuem um sistema de alimentação de energia próprio, eles são alimentados pela corrente produzida pelo campo magnético que o leitor RFID emite pela sua antena. A energia emitida pela antena é apenas o suficiente para alimentar a etiqueta de forma que a mesma possa enviar os dados contidos na sua memória de volta para o leitor RFID, de forma que ao ponto que uma tag passiva esteja distante de um leitor RFID, a mesma não emite nenhum tipo de sinal. Conforme Bhuptani e Moradpour (2005), a maioria dos leitores RFID, ao trabalhar com etiquetas passivas, só conseguem receber os sinais das etiquetas a poucos centímetros de distância. Já as etiquetas ativas, possuem sua própria fonte de alimentação, bem como um transmissor de rádio próprio, que permite que a mesma possa transmitir uma resposta há uma distância bem maior que uma etiqueta passiva, contudo o campo magnético gerado pela mesma só é capaz de modular o campo magnético gerado pelo leitor RFID, possibilitando assim a comunicação entre eles. Uma tag ativa também está menos propensa a erros, porém as tags ativas são mais caras que as passivas.

2.2 EPC

Proposto por Brock (2001), o EPC cria um meio de identificação de todos os objetos físicos. O código EPC tem a tarefa de ser suficientemente grande para acomodar todos os métodos de numerações atuais e futuros, bem como ser extensível em tamanho e design.

Segundo a Marcondes (2015), o Código Eletrônico de Produto, do inglês, Electronic Product Code (EPC), é um número empregado, principalmente, para a identificação de objetos unicamente dentro de uma cadeia de suprimentos, do inglês, *supply chain*. É importante também que, devido a sua abrangência, o EPC forneça um padrão que esteja compatível com os principais padrões de mercado como, por exemplo, o Conselho Uniforme de Código, do inglês, *Uniform*

Code Council (UCC) e o Número de Artigo Europeu, do inglês, *European Article Numbering* (EAN) de modo que, o mesmo seja o mais globalmente aceito possível.

Conforme apresentado por Brock (2001), para que o EPC alcance o patamar proposto, é necessário um design coordenado e conciso que atribua uma numeração única para todos os objetos. Para tal, o mesmo propõe que a arquitetura deve agregar alguns conceitos, dentre os principais, podemos citar os seguintes:

- **Identificação Única:** Diferentemente do Código Uniforme do Produto, do inglês, Uniform Product Code ou UPC, no jargão popular conhecido como Código de Barras, o EPC tem como objetivo identificar exclusivamente objetos físicos. Em outras palavras, um EPC exclusivo será atribuído a um e apenas um item físico.
- **Fabricantes e Produtos:** É necessária a ação direta dos fabricantes para uma padronização de gerenciamento entre os produtos que serão cadastrados no EPC. A presença de um componente, conhecido como Gerente, que acopla as numerações e padrões já existentes dentro do ecossistema e o padrão EPC que será empregado. Dessa forma, o objetivo principal do Gerente é definir, com base no escopo do sistema ou empresa que o EPC está sendo aplicado, qual o tamanho ideal (em quantidade de bits) da cadeia EPC para acoplar todos os objetos e, caso já exista uma numeração única sendo empregada nos objetos da empresa, mapear tal numeração para o campo correspondente da cadeia EPC.
- **Containers:** Tradicionalmente, itens, containers e lotes recebem numerações diferentes. Um item é uma representação atômica, faz referência a um único objeto. Um lote faz menção a uma parte da produção como um todo, ou seja, é um conjunto de itens que foram produzidos e que representam uma parcela de toda a produção realizada. A expressão container se refere ao transporte e divisão de lotes. Um mesmo container pode armazenar diversos itens de lotes distintos. Não há razão para que esses objetos de contenção recebam um código diferente do EPC. O registro de itens dentro do container, bem como os dados de remessa normalmente associados aos códigos tradicionais, podem ser armazenados no sistema e automaticamente associados ao contêiner como objeto único dentro da arquitetura.
- **Coleções:** Além de objetos individuais, o EPC também pode identificar conjuntos, agregações e coleções de objetos. Um conjunto, no contexto abordado, são itens agregados que trabalham juntos para um fim comum como, por exemplo, as peças internas de um motor de carro. Por outro lado, a agregação pode ser considerada um conjunto, porém, os

itens reunidos não necessariamente trabalham para um fim comum. Um exemplo seria todo o conjunto que forma um carro, pois, nesse exemplo, um carro pode cumprir seu papel essencial sem algumas de suas peças (retrovisor, por exemplo). Coleções são agrupamentos de itens com características semelhantes ou que dividem valores ou resultados em comum como, por exemplo, containers de transporte de produtos que, usualmente, estão acoplados a caminhões ou sendo transportados em navios. Um computador, por exemplo, é um objeto discreto, mas é composto de vários subconjuntos e componentes. Cada um dos componentes, seus subconjuntos e coleções podem ser classificados e referenciados pela mesma numeração.

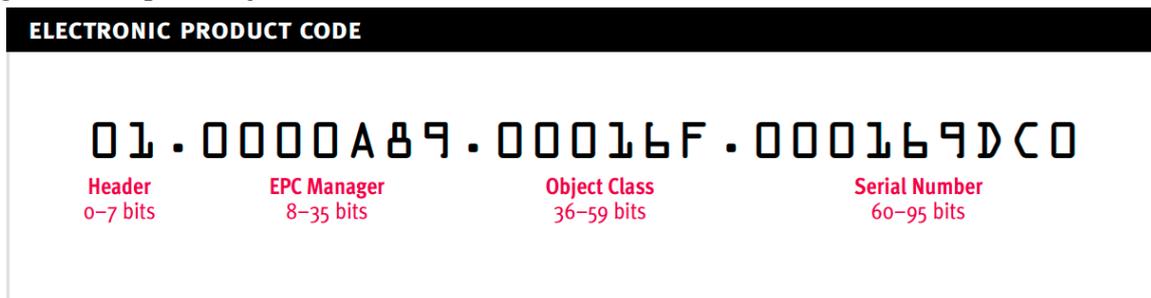
- **Informação Incorporada:** Trata-se da criação de metadados, que referenciam dados mais complexos, e que tem a finalidade de trazer semântica a leitura desses metadados incorporando, assim, informação relevante. Dessa maneira, mais do que um simples valor numérico, o código deve ser organizado de forma a transmitir informações extras sobre o objeto.
- **Simplicidade:** Além da objetividade, é necessário que o padrão seja simplista, ao ponto que possa agregar as informações presentes nos contextos já adotados pelas empresas com rapidez e simplicidade.
- **Extensibilidade:** Uma das dificuldades no desenvolvimento de um padrão global é antecipar todos os usos possíveis e aplicativos futuros. Sem uma visão perfeita do futuro, devemos fornecer um método simples de expansão. Assim, em vez de uma especificação completa, é proposto um design inicial, fornecendo espaço de atualização para o futuro

Conforme Sarma *et al.* (2001), o EPC se baseia na construção de uma arquitetura de metadados onde, inicialmente, será definido um tamanho fixo que permita ao metadado ser capaz de representar toda a informação necessária no contexto especificado e permitindo, quando necessário, a expansão de tal representação.

De acordo com Brock (2001) a cadeia de metadados será elaborada, inicialmente, com 96 bits e seu tamanho representa diretamente a quantidade de registros que podem ser criados a partir do tamanho indicado. O número de bits no EPC determina o limite superior teórico do número de objetos identificáveis. Esse limite superior é definido por $N = 2^x$ onde N é o espaço total de endereços e x é o número de bits no código. De modo relativo poucos bits devem ser necessários para fornecer uma identidade de objeto exclusiva. O código de 96 bits que é empregado, por exemplo, fornece $7,9 \cdot 10^{28}$ objetos endereçáveis.

A Figura 2 representa o padrão EPC e o conjunto de camadas que são atribuídas a sua constituição e que agem como metadados para cada uma das informações pertinentes ao objeto, que será identificado unicamente, e ao seu contexto geral de funcionamento em uma cadeia de suprimentos.

Figura 2 – Especificação do EPC



Fonte: Brock (2001)

Conforme as definições dadas por Brock (2001) e complementadas por Radko e Schumacher (2004), a divisão inicia pelo cabeçalho que cuida de identificar o número, tipo e comprimento de todas as partições de dados subsequentes. Assim, um único byte fornece 256 maneiras de particionar os bits restantes. A partir desta informação podemos definir um versionamento que atribui quantidade de bits e camadas empregadas.

A segunda camada se trata do Gerenciador do EPC, que é o fabricante ou entidade responsável por manter os códigos referentes às camadas seguintes. Em outras palavras, é responsabilidade do gerente de EPC manter códigos de fabricante/entidade, de objeto e números de série em seu domínio de aplicação.

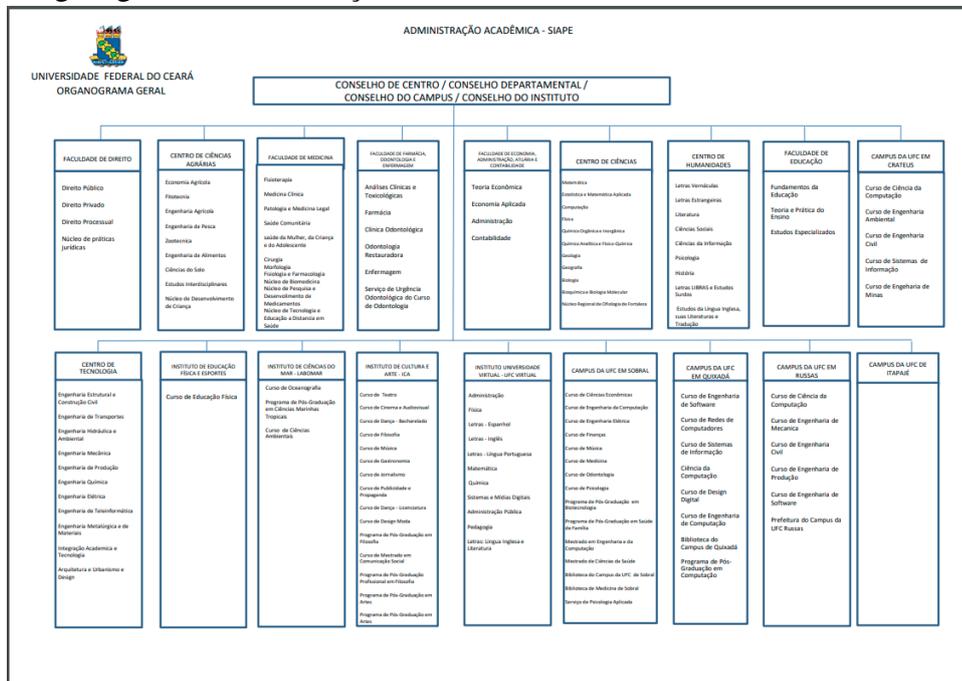
A terceira camada refere-se a Classe de Objeto, que se trata da numeração usada como atribuição de identidade do objeto em estoque, em lote ou em qualquer tipo de agrupamento no qual ele esteja inserido. Tal camada também está diretamente associada ao Gerenciador de EPC que define o tipo de agrupamento empregado no objeto.

A última camada fornece uma numeração única a cada objeto, atribuída pelo Gerenciador do EPC. Tal identificador deve ser gerado dentro do ecossistema implantado e então a arquitetura EPC demonstra um metadado representativo do identificador atribuído.

Será necessário, para a solução, definir um cabeçalho (classe de objeto) que diga respeito ao tipo de objeto rastreado como, por exemplo, aluno, mobília, veículo, equipamento e etc. Cada uma das partições possuem limitações referentes a quantidade de itens que podem ser atribuídos, porém, as partições dispõem da possibilidade de um aumento na quantidade de bits

A Administração Superior, conforme indicado na Figura 3, é dividida em uma hierarquia que parte da Reitoria e da Vice-Reitoria, como órgãos de maior importância administrativa, seguidas de Procuradoria Geral, Gabinete, e um conjunto de órgãos, como, por exemplo, secretária executiva da comissão de ética da UFC, coordenação de comunicação social e marketing institucional, dentre outros. Seguidamente, existe um conjunto de órgãos suplementares, dentre eles, a Secretaria de Governança, Biblioteca Universitária, Seara de Ciência. Finalmente, há as Pró-Reitorias e seu conjunto próprio de Coordenações. Cada órgão tem seu conjunto de atribuições próprias dentro da administração universitária e reportam-se aos órgãos de maior nível da hierarquia.

Figura 4 – Organograma Administração Acadêmica



Fonte: UFC (2019)

A Administração Acadêmica, conforme indicado na Figura 4, é formada pelo conjunto de instituições individuais que cuidam do ensino e estão divididas em Centros, Institutos, Faculdades e Campi como, por exemplo, o Campus de Crateús, A Faculdade de Direito, Centro de Tecnologia e o Instituto de Ciências do Mar. Cada uma dessas entidades é diretamente vinculada a Administração Superior, que cuida de processos administrativos e burocráticos, fazendo comunicação com cada um dos conselhos formados individualmente nas entidades. Cada uma das organizações é responsável por um conjunto de cursos de nível superior que abrange o ensino das áreas de humanas, exatas e biológicas, bem como, apresentações, palestras, eventos e etc.

No período atual a UFC dispõe, na parte de administração superior, 19 setores administrativos que englobam conselhos, secretarias, reitorias e etc. Engloba, também, 11 órgãos suplementares, 7 pró-reitorias e 33 coordenadorias. Na divisão de administração acadêmica a mesma dispõe de 18 entidades que compreendem centros, institutos, faculdades e campi que ofertam aproximadamente 130 cursos.

2.4 REST

Fielding e Taylor (2000) promove um interessante debate e um comparativo, sob um embasamento nas áreas de Engenharia de Software e Redes de Computadores, sobre diversas arquiteturas e, então, apresenta a Transferência Representacional de Estado, do inglês, Representational State Transfer (REST). O autor então elabora este novo padrão arquitetural a partir de um estilo, intitulado por ele, como “Desconhecido” (Null). A partir deste modelo inicial, o mesmo segue adicionando algumas características (chamadas de restrições) até chegar ao padrão REST. Em suma, o REST define um conjunto de restrições que servem como base para a criação de web services, dentre elas, destacam-se:

- **Arquitetura cliente servidor:** Fielding e Taylor (2000) sintetiza a definição de tal arquitetura como a comunicação entre camadas distintas onde o servidor envia dados em um formato padrão - conforme o padrão REST, uma representação -, em que o mesmo não dispõe informações sobre a verdadeira natureza dos dados, impedindo a criação de suposições sobre a estrutura e construção das informações no lado servidor e facilitando a utilização destes dados no lado cliente.
- **Sem estado (*stateless*):** Sem estado (*stateless*): Um servidor *stateless* não tem conhecimento sobre as aplicações conectadas a ele, não possui conhecimento do conteúdo dos dados dessas aplicações ou da forma como ela executa suas funções Berkenbrock *et al.* (2005). Desse modo, cada nova interação é executada de forma independente das demais e cada pedido do cliente para o servidor deve conter todas as informações necessárias para que o mesmo possa compreender o pedido
- **Cache:** Representa a primeira restrição optativa. O objetivo principal desta tecnologia é a diminuição da necessidade de interações entre o lado cliente e o lado servidor. Segundo Berkenbrock *et al.* (2005), ao permitir o armazenamento na parte cliente de respostas para utilização posterior em casos de requisições equivalentes podemos diminuir a frequência de requisições e respostas e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de uso da rede.

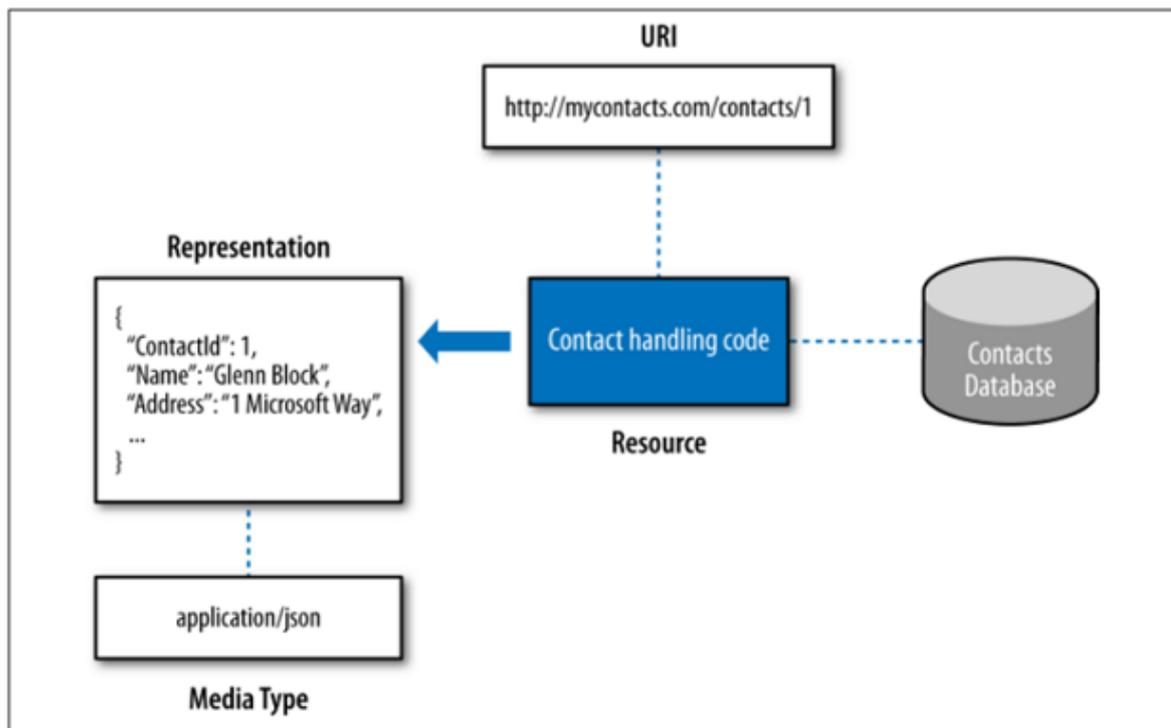
- **Interface Uniforme:** A adoção de uma interface uniforme entre os componentes é a característica propulsora do estilo REST e é constituída por três principais restrições: identificação de recursos, manipulação de recursos por meio de representações e mensagens auto descritivas. Tais restrições serão melhores descritas em parágrafos posteriores.
- **Sistema em camadas:** Com o objetivo de melhorias operacionais, Fielding e Taylor (2000) propõe a divisão do sistema em camadas. Esta solução visa a criação de camadas hierárquicas, onde a ação de cada componente seja limitada às camadas com as quais se faça necessária a interação. Esta restrição oferece algumas melhorias arquiteturais como, por exemplo, uma maior segurança que o encapsulamento de serviços de uma camada proporciona, além de um melhor desempenho e escalabilidade que um possível balanceamento de carga entre múltiplas máquinas de uma mesma camada ocasiona.
- **Código sob demanda:** Segunda restrição facultativa. Segundo Masse (2011), o REST permite a funcionalidade opcional de estender código ao aplicativo cliente por meio de *download* e instalação de *applets* e *scripts*. Tal restrição se torna uma decisão arquitetural importante que pode acarretar, de acordo com o próprio autor, em benefícios quando aplicada no contexto correto. Um exemplo de benefício seria a redução de requisitos de implementação e extensibilidade do código, uma vez que, ao agregar funcionalidades oriundas de outras fontes (*applets* e *scripts*), existe uma redução da quantidade de funcionalidades a serem diretamente desenvolvidas e um aumento na utilização de ferramentas no lado cliente. Um possível malefício é o decréscimo de visibilidade que pode ser acarretado pelo acoplamento de códigos distintos que são complementares à aplicação.

Como destacado anteriormente, uma das características mais importantes do REST é a padronização da interface de interação entre os componentes e, dentro desta, se destaca a forma como os recursos de software são identificados. A identificação dos recursos em REST ocorre por meio de um Identificador Uniforme de Recursos (*Uniform Resource Identifiers* ou URI), onde cada recurso disponibilizado deve ser exposto através de uma identificação global que possibilita que eles sejam nomeados de forma exclusiva e que se tenha um acesso direto e padronizado a cada um deles. Cada URI deve ser acessada através de uma rota que é integrada por um Localizador Uniforme de Recursos (*Uniform Resource Locators* ou URLs) composto por: nome do protocolo (geralmente, mas não restritivo, HTTP), o nome no Sistema de Nomes de Domínios (*Domain Name System* ou DNS) da máquina e o caminho, dentro do sistema de arquivos desta máquina, onde o recurso está localizado, conforme exemplificado por Kurose *et*

al. (2007).

O procedimento de comunicação entre componentes deve ser feito através de uma representação dinâmica de recursos. REST mantém a verdadeira natureza dos dados oculta do remetente, porém sem restringir as funcionalidades do receptor uma vez que o mesmo pode trabalhar apenas com partes da representação, ou seja, somente aquilo que é relevante para ele. Uma representação, por sua vez, é um conjunto de dados que se associam aos metadados que os descrevem, de forma auto-descritiva, por meio de pares chave-valor. As representações REST, por não definir um padrão oficializado e universal, se adequam às necessidades de cada projeto, o que permite aos desenvolvedores maior flexibilidade na definição das estruturas de representações que serão utilizadas em cada contexto.

Figura 5 – Representação Esquemática do Modelo REST



Fonte: Macoratti (2016)

A Figura 5 apresenta a comunicação entre camadas da arquitetura REST. A mesma faz a representação de um serviço que atende as demandas de um contexto relacionado a gerenciamento de contatos e onde cada um dos módulos interagem entre si.

O recurso representa o conjunto de serviços que a aplicação dispõe e que são invocados através das URI. No caso apresentado pela Figura 5, alguns exemplos de recursos seriam o cadastro, a listagem e a visualização de contatos. O recurso interage bastante com uma

ou mais bases de dados para prover esse conjunto de serviços aos usuários.

Em seguida, a representação faz menção ao estado atual, ou seja, uma exibição temporal de um objeto que é manipulado diretamente pelo recurso. Toda representação é escrita e compreendida por um tipo de mídia que permite a sua leitura e manipulação através dos serviços contidos nos recursos. Um exemplo de representação seria o estado em que encontra-se o objeto (contato), que acha-se em um determinado estado depois de ser acessado e manipulado pelos recursos. A representação está diretamente relacionada aos tipos de mídia, que atuam para trazer uma exibição uniforme e padrão dos recursos. Alguns exemplos de tipos de mídia que esses dados podem ser estruturados são a Notação de Objetos JavaScript, do inglês, *JavaScript Object Notation* (JSON) e a Linguagem de Marcação Extensiva, do inglês, *Extensible Markup Language* (XML).

A proposta do protocolo HTTP 1.1, exposta por Fielding *et al.* (1999), é a base para a comunicação de dados da Rede Mundial de Computadores, do inglês, *World Wide Web*.

Segundo a definição de Kurose *et al.* (2007) o HTTP é um protocolo, baseado no modelo Cliente/Servidor, responsável por gerenciar a troca de páginas Web usando um protocolo de transporte confiável (o TCP). O HTTP define dois tipos de mensagens: de Requisição e de Resposta. A mensagem de Requisição é enviada pelo lado cliente da aplicação com a finalidade de disparar uma ação ou solicitar um recurso do servidor. A mensagem de Resposta é enviada pelo servidor para o cliente com o resultado da ação ou solicitação presente na Requisição (seja sucesso, seja falha).

Segundo o autor, toda mensagem é composta, em suma, por um conjunto de linhas de texto que definem e descrevem uma mensagem. A primeira linha, que é obrigatória em toda mensagem, é denominada linha de requisição. A mesma vem acompanhada de um conjunto não obrigatório e subsequente de linhas que são denominadas linhas de cabeçalho. A linha de requisição tem três campos: o Método, a URL (já comentado anteriormente) e o número da versão do HTTP. Os métodos de requisição HTTP tem a tarefa de indicar a ação a ser executada para um dado recurso. Esses métodos são comumente chamados de Verbos HTTP (*HTTP Verbs*) e cada um desses verbos implementa uma semântica diferente. Desse modo, existe um uso indicado para a utilização de cada verbo.

Conforme sua compreensão sobre o protocolo, Fielding e Taylor (2000) aponta a criação do REST para uma melhor utilização do protocolo, destacando que os métodos, presentes no protocolo HTTP, não estavam sendo utilizados em sua totalidade nas arquiteturas de aplicações

web. O padrão REST, enquanto solução arquitetural, auxilia no desenvolvimento da proposta por meio da definição de uma base de construção de APIs, que são utilizadas para o acesso aos serviços propostos.

Figura 6 – REST e os Métodos HTTP

HTTP Methods and Their Meaning

Method	Meaning
GET	Read data
POST	Insert data
PUT or PATCH	Update data, or insert if a new id
DELETE	Delete data

Fonte: Lynda (2013)

A Figura 6 apresenta alguns dos principais métodos do protocolo HTTP e que são amplamente utilizados no padrão REST. Seu uso é aliado a construção de uma URI que pode realizar o uso de um recurso específico através de sua semântica e do método utilizado. Cada método representa um tipo de ação específica que será executada nas representações indicadas pela URI.

O método GET, dentro das especificações do REST, têm a finalidade de leitura e obtenção de dados dentro dos recursos acerca de uma representação. Um exemplo seria leitura de todos os objetos em um banco de dados referentes a um objeto em específico.

O método POST invoca recursos relacionados a inserção de informação. É utilizado, por exemplo, para adição de novas instâncias de uma mesma representação no banco de dados.

Os métodos PUT e PATCH referenciam recursos que tratam da modificação de informações contidas nas instâncias de representações. Ou seja, tais métodos realizam a alteração dos valores contidos em instâncias específicas mas sem mudar a sua representação enquanto objeto. Um exemplo é a alteração do valor de telefone, contido em um objeto de contato.

O método DELETE realiza a chamada a recursos de exclusão de instâncias salvas no banco de dados. Um exemplo seria a exclusão de uma instância específica, da representação de

contato, dentro do sistema.

Conforme Lemos *et al.* (2016), o padrão REST tem grande empregabilidade como alternativa ao padrão de Protocolo Simples de Acesso a Objetos, do inglês, *Simple Object Access Protocol* (SOAP) em sistemas web e trás consigo um uso mais conciso do protocolo HTTP, provendo assim uma maior adaptação aos diversos contextos de aplicações web.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, são apresentados os trabalhos que foram usados como base de estudo e pesquisa, sendo os mesmos, correlacionados a problemática abordada.

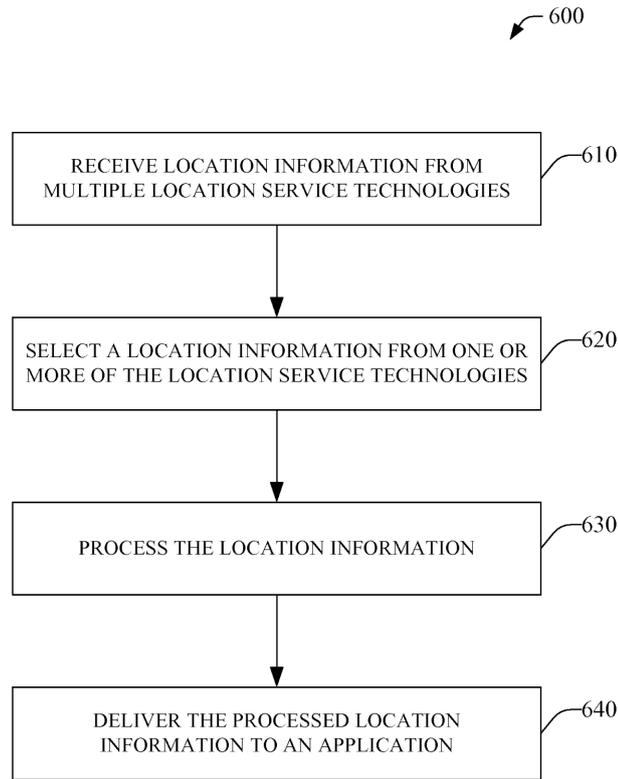
3.1 Location based services platform using multiple sources including a radio frequency identification data source

A arquitetura apresentada por Honisch (2011) propõe a criação de um sistema de localização de objetos que recebe diversas entradas heterogêneas de localização. Essas entradas são oriundas de diversos meios de coleta já conhecidos e amplamente implementados, por exemplo, posição GPS, sinal de rede Wi-Fi e tags RFID. O sistema apresentado, então, processa as informações de modo a atribuir pesos com base na potência de sinal, disponibilidade, precisão, custo e confiabilidade e, baseado nestes pesos computados, obtém uma localização mais refinada sobre os objetos. Por fim, envia o resultado para a aplicação final que fará uso dos dados de localização. Desse modo, o sistema afirma que ao menos uma das tecnologias empregadas será a RFID, como finalidade de obtenção de informações dos objetos.

A proposta segue uma ordem de execução com uma visão global ilustrada pela Figura 7. Inicialmente, os dados são coletados das diversas fontes heterogêneas, que são estruturas mantidas para a obtenção de informações sobre o posicionamento dos objetos (como, por exemplo, antenas e leitores). Estas informações são enviadas para uma segunda camada que trata de selecionar uma ou mais informações de posicionamento de um mesmo objeto e enviar para a camada seguinte. A terceira camada do sistema recebe as informações e tem como pretensão o nivelamento dessas informações, isto é, cada tipo de tecnologia empregada tem suas peculiaridades e uma série de critérios de aceitação, para que se possa compreender o nível de confiabilidade da informação gerada e de que maneira pode-se comparar diversas informações, se faz necessário um nivelamento, para que exista concordância e cooperação entre os dados.

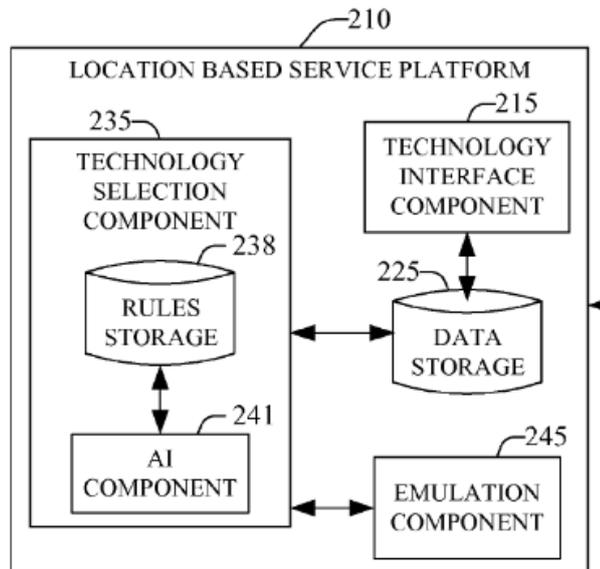
A Figura 8 exemplifica esta ação mostrando a interação entre a base de dados e a camada mais interna que contém um conjunto de regras de armazenamento que se referem a como cada tipo de tecnologia deve ser tratada e suas peculiaridades. O processamento da camada em questão continua com a interação entre os dados obtidos, as regras individuais e um componente de Inteligência Artificial que tratará de normalizar os dados, atribuindo pesos a cada tipo de dado, baseado na ferramenta de coleta empregada com a finalidade de produzir um

Figura 7 – Camadas da Plataforma de Localização



Fonte: Honisch (2011)

Figura 8 – Interação Entre os Módulos de Processamento da Informação



Fonte: Honisch (2011)

resultado de localização preciso. Por fim, de volta a Figura 1, a última camada trata de prover para a aplicação final um dado de localização de um objeto.

A arquitetura proposta representa um bom objeto de estudo. As ideias de usar um

conjunto de elementos, que juntos formam um ecossistema para coleta de posicionamento de objetos, bem como criar camadas para processamento da informação e de utilizar tecnologias heterogêneas para este fim são bastante atrativas. Contudo, o mesmo revela algumas limitações:

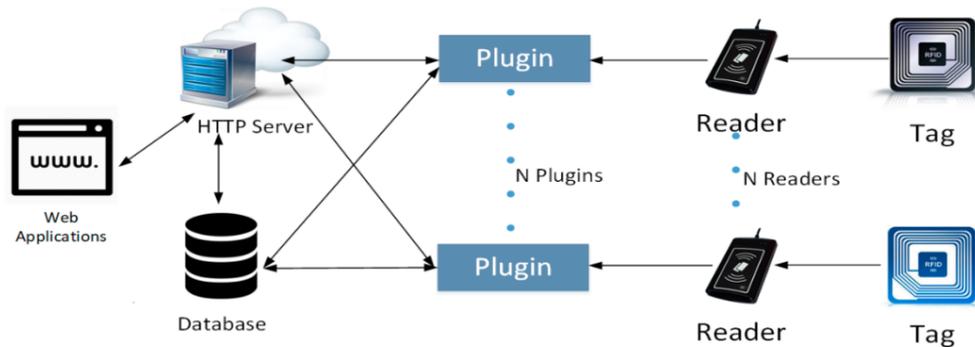
- **Alta complexidade de implementação da estrutura de captação:** A arquitetura deve suportar diversos meios heterogêneos de coleta de informações e, desse modo, o processo pode ser dificultado por necessitar de múltiplos meios de coleta como antenas, registradores e leitores que são bem diversos baseados nas ferramentas empregadas e, todos esses equipamentos (não pré-definidos) podem gerar um encarecimento do produto final.
- **Processamento de informações de localização:** Logo após a informação ser reunida, a mesma necessita ser processada, avaliada e redefinida para que os dados com unidades de medida e provenientes de métodos e métricas diferentes façam sentido entre si. A necessidade da criação de um conjunto de regras de armazenamento e uma aplicação de IA que empregue uma heurística para o processamento e a avaliação correta de peso para cada tipo de ferramenta emprega um trabalho de processamento considerável para um único objeto tornando a escalabilidade do sistema comprometida.
- **Não identificação de objeto como estrutura única na arquitetura:** Os itens, dentro do ecossistema, não possuem uma identificação única que referencia cada objeto unicamente. Os objetos são tratados de modo abstrato, diretamente pela obtenção da localização, e não existe uma categorização de fácil acesso único de cada objeto, como um ID único ou referência direta. Desse modo, a não capacidade de distinção pode gerar uma falta de coesão entre dados.
- **Não catalogação de objetos por tipo:** Os itens não estão caracterizados por tipo e seu uso onde, dentro do sistema, é limitado. O sistema não é capaz de distinguir campos sensíveis sobre os itens de modo que não pode classificar ou direcionar aquilo está sendo lido. O sistema não oferece um suporte para que cada item seja identificado como sendo de um tipo específico, como no mundo real (pessoas, aparelhos, ferramentas e etc.). Tal ato poderia trazer grandes ganhos de tempo no processamento da informação.

3.2 An Emerging Application Centric RFID Framework Based on New Web Technology

A solução apresentada por Sharma *et al.* (2018) propõe a arquitetura de uma aplicação, a nível de hardware e de software, que tem como finalidade principal incorporar, identificar e regular dinamicamente um conjunto de tags RFID para monitoramento e acesso a informações

como, por exemplo, localização e reconhecimento contínuo de objetos. A proposta envolve a criação de um sistema web que realiza a gerência dos dados contidos nas tags e também uma série de processamentos e transmissões de informações a fim de prover um resultado conciso de campos, data e hora de passagem sob os leitores e tipo dos componentes que recebem as tags (por exemplo, usuários, encomendas e etc).

Figura 9 – Diagrama de Comunicação Entre Componentes do Sistema Web Baseado em RFID



Fonte: Sharma *et al.* (2018)

O sistema proposto segue o modelo apresentado na Figura 9. Este se baseia na existência de um conjunto de tags que armazenam informações acerca de objetos específicos como, por exemplo, identificação de usuário, (UID, do inglês, User Identification), definição do objeto, seu tipo, entre outros. Cada objeto recebe uma tag única e, quando submetidos a leitores RFIDs, tem seus dados lidos e transmitidos para servidores de aplicação remotos. Eventualmente, estes mesmos servidores também podem solicitar a escrita de alguma informação nas tags, através do uso das antenas que são utilizadas para leitura e que também cumprem o papel de escrita (não presente na Figura 9). Cada leitor RFID é uma antena posicionada em algum lugar no ambiente que pode ter uma ou várias dessas antenas. Cada leitor se reporta exclusivamente a um plugin, que se comporta como um middleware, ele processa os dados contidos na tag e se comunica diretamente com as duas outras camadas do modelo: a de Aplicação (um servidor HTTP) e a de Banco de Dados. A comunicação direta entre o plugin e o banco de dados ocorre para realizar alterações nos dados persistidos referentes às tags como nome, UID e tipo, quando uma alteração se faz necessária, o plugin comunica-se diretamente e realizar a mudança. A comunicação direta com o servidor HTTP fornece um conjunto de dados úteis, de alguma forma, para a aplicação. O formato JSON é utilizado como padrão estrutural das mensagens. O servidor HTTP atua como uma unidade de controle central, essencialmente regulando e manipulando toda a troca de informações entre os componentes. O serviço é dividido em

pequenos módulos, com funcionalidades específicas, mas que atuam em conjunto possibilitando criação como, por exemplo, geração de rotas URLs, que têm papel importante nas chamadas a ações dentro do servidor HTTP que utiliza padrão REST (do inglês, Representational State Transfer), gerenciamento de acesso ao banco de dados, de requisições e de uso a serviços internos que representam regras de negócio da aplicação. Por fim, a aplicação web é responsável por efetuar comunicação dos usuários com o servidor HTTP e ter acesso a informações pertinentes, referente aos registros de localização de tags.

A aplicação proposta revela pontos positivos. O fato da utilização de uma arquitetura web para transmissão, processamento e persistência de informações, bem como a utilização de tags RFID caracterizam práticas atraentes. Porém, a aplicação revela alguns aspectos negativos:

- **Dados persistidos na tag:** O projeto relata que cada tag contém um UID e, através deste número de identificação, o plugin pode recolher as informações referentes a este objeto junto ao banco de dados buscando em todas as referências pela identificação única. Uma alternativa para a otimização do uso é que tal identificação possuísse uma sintaxe que permitisse a catalogação do objeto, em seus diversos campos, através somente da numeração. Se cada parte da numeração fizesse menção direta aos atributos do objeto, sem uma necessidade de que o objeto fosse persistido como um todo, o processamento poderia ser otimizado e a numeração teria uma importância mais relevante.

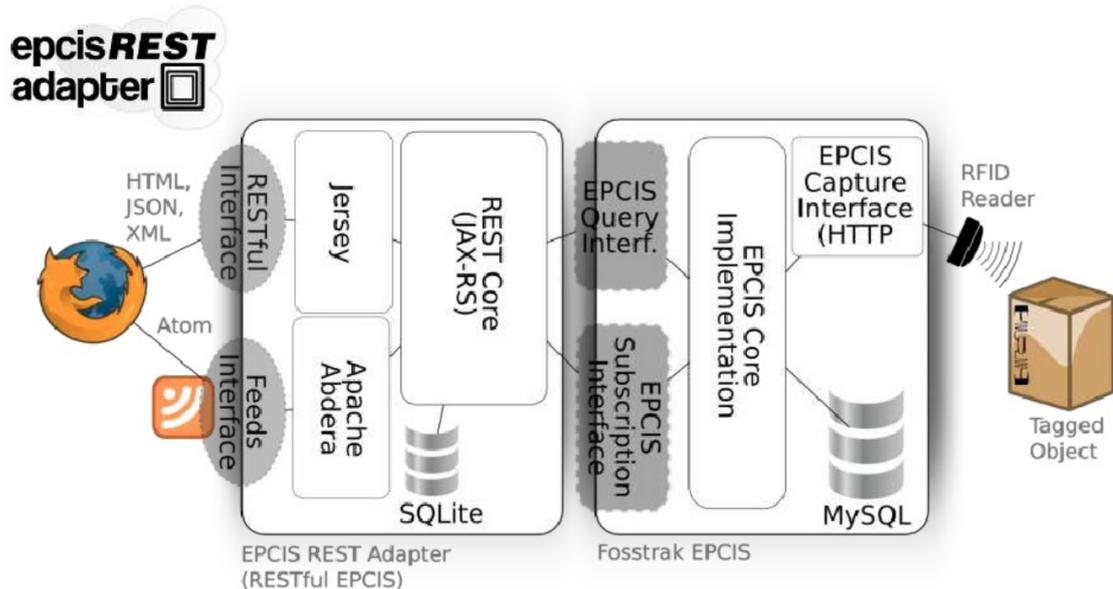
3.3 Giving RFID a REST: Building a Web-Enabled EPCIS

O trabalho proposto por Guinard *et al.* (2010) apresenta um projeto de construção de um ecossistema de aplicações que consiste, inicialmente, na criação de uma interface de integração que possa realizar a comunicação entre uma arquitetura EPCIS e uma camada de aplicação web. Tal interface tem o objetivo de processar as informações geradas pelo sistema EPCIS (Serviços de Informações sobre Código Eletrônico de Produto, do inglês, Electronic Product Code Information Services), que será exemplificado posteriormente, e através da leitura e processamento de informações contidas em tags RFID, que seguem o padrão EPC, integrá-las a uma plataforma web que usa REST como padrão. Tal proposta tem como objetivo o processamento dos dados obtidos, consulta, transmissão e compartilhamento das informações relevantes de forma mais eficiente entre usuários.

O EPCIS é um padrão, internacionalmente aceito, e possui, como principal aplicabilidade, auxiliar em soluções para Cadeia de Suprimentos, do inglês, Supply Chain, que tem sua

definição e aplicabilidade bem definidas como um sistema logístico de conexão entre produtos ou serviços que engloba todo o processo e ecossistema da empresa Chopra e Sodhi (2004). Tal ferramenta tem como finalidade a captura e consulta de eventos RFID que emprega como padrão principal de identificação de objetos o EPC. Um exemplo da empregabilidade dessa estrutura seria a utilização em “objetos”, que representam produtos na cadeia de produção, e que podem ser rastreados e encaminhados, permitindo uma melhor tomada de decisão do ponto de vista da logística.

Figura 10 – Diagrama Arquitetônico do Sistema



Fonte: Guinard *et al.* (2010)

A Figura 10 demonstra a arquitetura proposta para a integração entre serviços. A estrutura referente ao EPCIS é também conhecida como Fosstrak EPCIS, que faz referência direta à organização Fosstrak, de software livre, detentora e distribuidora da versão utilizada no trabalho Fosstrak (2010). O fluxo da estrutura do EPCIS é iniciado por um leitor de tags RFID que contém um número de identificação, no padrão EPC, e que representam as informações do objeto associado. O leitor se comunica com uma interface de captura, que recebe os dados via protocolo HTTP e gerencia chamadas a serviços internos como, por exemplo, de leitura e escrita de dados. O mesmo repassa a informação para um núcleo de processamento que tem a finalidade de receber requisições, processar a informação, fazer acesso direto as interfaces de comunicação web e de realizar as operações de busca, modificação e persistência das informações no banco de dados.

O núcleo de processamento também se comunica com duas interfaces que fazem

acesso a aplicações web, são elas: Interface de Consulta EPCIS e Interface de Escrita EPCIS. A Interface de Consulta gerencia as requisições entre a aplicação REST e a aplicação EPCIS, de mesmo modo, a Interface de Escrita gerencia requisições entre as duas camadas porém, neste caso, trabalha com requisições de escrita. A estrutura de aplicação web foi estabelecida para o compartilhamento de informações, através de um servidor REST que utiliza das tecnologias JAX-RS e Jersey para processamento de requisições; realização de operações de leitura e escrita em um banco de dados que registra informações pertinentes ao fluxo de operações entre os módulos web e EPCIS; criação de rotas URL para gerência de serviços e entrega informações pertinentes à interface web com o usuário. Outro elemento importante é a utilização do módulo Apache Abdera que trabalha com a entrega de requisições seguindo um padrão de entrega de mensagens em feeds. O objetivo é que usuários possam receber alterações das informações, realizadas no sistema, via aplicações de entrega de mensagens em feeds de notícias ao usuário final.

A solução proposta dispõe de diversos pontos positivos. A emprego da estrutura EPC, para identificação única e provimento de sintaxe aos identificadores associados aos objetos, e a criação de uma plataforma web que pode acessar e gerenciar as informações concebidas por todo o ecossistema EPCIS. Contudo, a aplicação demonstra alguns pontos de melhora:

- **Sistema EPCIS:** O sistema EPCIS, fornecido pela Fosstrak, representa uma base forte e de implementação livre porém, como é baseada diretamente no uso do EPC em seu estado natural, tem um enfoque na identificação de produtos em um meio comercial. Dessa forma, o sistema não pode ter o contexto alterado de uma maneira tão simplificada por conta que o EPC foi projetado com a especificidade de um produto, tendo assim sua sintaxe envolta diretamente para uso de produtos em um meio comercial e, em diversos casos, não é isso que se busca da aplicação.

4 PROPOSTA

4.1 Arquitetura Geral

Com base em observações das demandas universitárias e na aplicabilidade de novas tecnologias como possíveis fontes de soluções, optou-se por, inicialmente, elaborar uma identificação única que pudesse abranger toda a singularidade com que os “objetos” dentro da universidade pudessem ser representados em seus respectivos ecossistemas e aplicações distintas.

Baseado nas possíveis tecnologias, dispostas pela área de estudo da Internet das Coisas e que podem ser usadas para o propósito de identificação única dos objetos, bem como todos os requisitos levantados para tal, optou-se pela utilização do padrão EPC de identificação Brock (2001), juntamente de tags RFID passivas, que dispõem de uma arquitetura moderna e flexível conforme a necessidade exigida. Pretende-se realizar a modificação do padrão, alterando o tipo de dado que é representado em cada camada, respeitando sua estrutura e lógica empregada para um uso específico requerido pela problemática abordada neste trabalho.

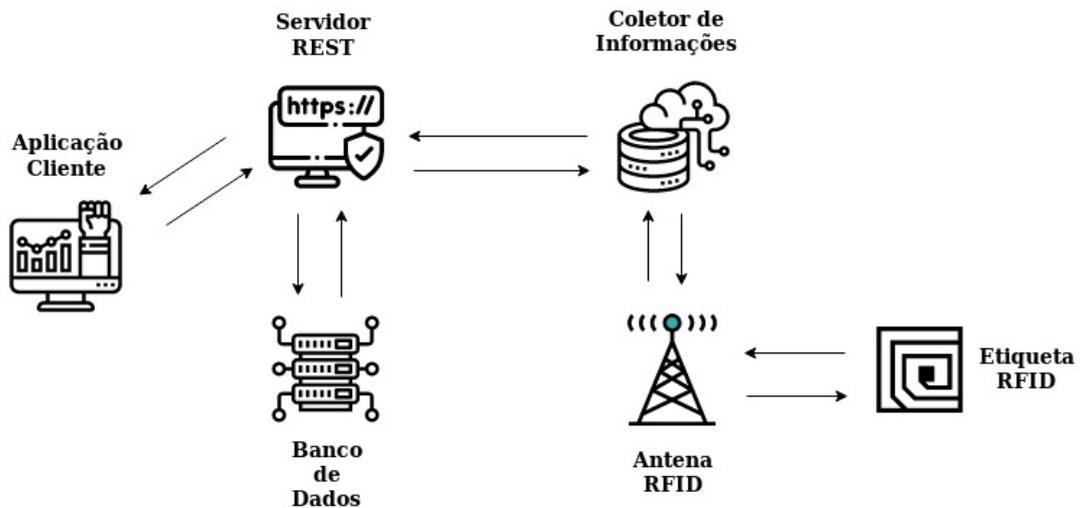
Após a identificação unificada dos objetos, faz-se necessária a criação de uma ferramenta que possa fazer proveito deste tipo de identificação e, aliada a estrutura física fornecida pela arquitetura RFID, fornecer um serviço de consulta de registros de localização de objetos. Dessa maneira, cria-se um conjunto de APIs, em um servidor HTTP e que utiliza o padrão REST, que fornecem acesso aos dados, gerando assim, informação relevante sobre localização de objetos para diversos outros sistemas, que podem ser implementados, tendo em vista o potencial de uso das informações geradas pela ferramenta.

Através dos trabalhos correlacionados, pôde-se obter uma perspectiva mais apurada do que já estava sendo proposto pela academia como solução para a problemática observada. Com o estudo realizado, foi possível detectar pontos positivos e pontos que poderiam ser melhorados nas propostas oferecidas pela literatura e, com base nesse levantamento, idealizou-se um sistema de registro de localização de objetos que, por meio dos métodos empregados, executa seu objetivo dentro do local proposto.

Desta forma, a aplicação constitui-se de uma arquitetura composta por (Figura 11):

- **Tags RFID Passivas:** As etiquetas (tags) passivas tratam de identificar individualmente cada objeto, onde cada tag possui um número de série único para cada indivíduo. As tags utilizarão o sistema de nomeação EPC, que estará encarregado de identificar e de prover informações sobre os objetos.

Figura 11 – Arquitetura EPC ARYA



Fonte: Do autor (2019)

- **Leitor/Gravador RFID:** O dispositivo RFID é o responsável por ler o EPC presente nas tags RFID Passivas e, quando solicitado, o mesmo pode exercer a atividade de gravação nas etiquetas. Este equipamento possui uma antena acoplada a ele. A antena é responsável por energizar as tags passivas, de modo que quando dispostas a uma curta distância, a antena é capaz de ler ou escrever informações nas tags
- **Coletor e Propagador de Dados:** As informações lidas pelo leitor RFID serão repassadas a um sistema computacional simples e portátil. Neste trabalho foi escolhido um Raspberry Pi para exercer esse papel. Este componente será encarregado de receber e tratar as informações coletadas de modo que a mesma possa utilizar serviços da aplicação central, por meio de chamada de métodos HTTP, enviando os dados para que possam ser gerenciados, tratados e persistidos em um sistema de banco de dados.
- **Servidor HTTP de Processamento e Acesso à Informação:** Após a transmissão dos dados, partindo do coletor, estes são enviados para um servidor que trata, direciona e persiste as informações. O mesmo servidor dispõe de um conjunto de APIs, serviços para acesso das informações armazenadas, que podem ser usadas por aplicações clientes. Tal servidor também dispõe de serviços para acesso das informações de localização de objetos através de tempo, de coletores e de objetos específicos. Fornecendo assim, um amplo serviço de registro e acesso a informações de localização dos objetos presentes no ecossistema. Outra atribuição do servidor deve ser cadastrar novos tipos e definições para os objetos, com base no EPC empregado, e o mesmo realizar requisições, junto ao coletor de informações, para criação de registros EPC que serão gravados nas etiquetas RFID.

Conforme a Figura 11 apresenta, as tags passivas se comunicam com o leitor RFID (representado pela Antena RFID) através de ondas de radiofrequência, enviando os dados no formato EPC contidos na tag para o leitor. O leitor RFID está conectado com o Coletor de Informações através de uma interface periférica serial, do inglês, *Serial Peripheral Interface* (SPI) que utiliza um modelo de comunicação mestre-escravo, síncrono e full duplex Finkenzeller (2010). A central de microprocessamento, encarregada da coleta de informações, irá tratá-las, isto é, receber dados no padrão EPC, recolher informações referentes ao dispositivo que está realizando a leitura e montar um pacote de dados e enviá-las via requisição HTTP, por intermédio de uma conexão de rede, para o servidor (Servidor HTTP de Processamento e Acesso à Informação). O servidor recebe as informações sobre o objeto e sobre o coletor, de modo que, em posse dos dados, atribui um registro temporal no Banco de Dados. Tal registro contém informações mais precisas do local, do objeto e do instante de tempo de criação do registro. Desse modo, aplicações podem fazer consultas aos serviços presentes no servidor e obter informações relevantes sobre o registro de localização de objetos. Diante de toda a arquitetura proposta, um ponto crucial é a utilização de uma variante personalizada do padrão EPC que poderá distinguir cada objeto dentro do ecossistema proposto, conforme apresentado na Figura 12:

Figura 12 – EPC Modificado



Fonte: Do autor (2019)

A Figura 12 expõe a proposta de identificação única, baseado no padrão EPC, que tem como foco a utilização no ambiente universitário, tendo como principal alvo a Universidade Federal do Ceará. A estrutura foi pensada para englobar os diferenciais intrínsecos, que só o ambiente universitário dispõe, e fornecer o subsídio necessário para que tanto os serviços existentes quanto novos serviços, baseados em registros de localização de objetos, possam ser contemplados e possam usufruir de uma plataforma que provê os recursos necessários para um funcionamento unificado e otimizado.

A nova numeração é dividida em 5 camadas que, juntas, formam uma string binária de 96 caracteres, onde, cada caractere representa um bit. Cada camada representa um atributo ou informação relevante do objeto no qual a mesma está relacionada. A primeira camada

referencia a versão da numeração. Cada versão representa um contexto no qual o EPC está sendo empregado e isso pode variar os setores e a quantidade final de bits empregados. A visualização ideal seria os diversos contextos possíveis como, por exemplo, contexto universitário, comercial, hospitalar e etc. Diante da arquitetura proposta, atualmente, utiliza-se apenas um único contexto, o universitário. Com um campo de 8 bits de tamanho, para essa camada, existem 256 possibilidades de versões.

A segunda camada tem o objetivo de atribuir uma visualização menos abstrata do item, de modo a prover uma semântica do mundo real a cada um dos objetos. Alguns exemplos de tipos são: aluno, professor, livro, material de limpeza e etc. Com base na arquitetura proposta, pode-se cadastrar até a quantidade limite, permitida pelos 12 bits reservados para esta camada, de 4.096 tipos distintos cadastrados no sistema.

A terceira camada, por sua vez, é designada para atribuir ordem de localização e vínculo dentro de todos os campi, departamentos e faculdades que formam uma camada de setores, de mesma ordem, dentro da universidade. Alguns exemplos são os campi de Crateús e Quixadá, Faculdade de Medicina do campus do Pici e Departamento de Tecnologia e Informação do campus de Crateús. O sistema se propõe a utilização de 12 bits para a catalogação de setores, que permite um total de 4.096 setores.

A quarta camada tem a função de agregar as diversas numerações já existentes no ecossistema da universidade, e em seus sistemas, e atribuir valor direto ao novo padrão fornecendo chaves para buscas otimizadas e concisão dos itens nos demais sistemas. Há alguns exemplos práticos, dentro da universidade, sobre tais numerações, são elas: matrícula para alunos, matrícula SIAPE, uma numeração que identifica o servidor em determinado órgão e contém 7 dígitos, para professores e tombamento para objetos físicos. A arquitetura propõe a utilização de 32 bits, referentes ao número de objetos que podem ser cadastrados. Este campo oferece 4.294.967.296 identificações de objetos.

Por último, a quinta camada tem a função de catalogar individualmente cada tag RFID enquanto equipamento eletrônico. Toda tag RFID tem uma numeração única que reside na mesma como padrão de fábrica e a utilização da mesma, neste sistema, cumpre o papel de associação de um objeto complexo e virtual com um equipamento físico. A arquitetura pode comportar qualquer numeração de fábrica contida em etiquetas RFID, utilizando 32 bits temos uma variancia de 4.294.967.296 possíveis cadastros.

4.2 Componentes de Hardware:

4.2.1 Etiqueta RFID

Figura 13 – Etiqueta RFID



Fonte: Do autor (2019)

A Figura 13 apresenta o equipamento físico que foi utilizado para armazenamento da cadeia referente ao EPC, conforme disposto na proposta, uma etiqueta RFID passiva. Existem diversos formatos de etiquetas RFID, tanto na sua apresentação como também na frequência. O formato empregado na etiqueta apresentada é o formato de chaveiro e as tags utilizadas no sistema operam na faixa de frequência de 125kHz, também conhecidas como etiquetas de baixa frequência. Os preços das etiquetas podem variar bastante com base no formato e na quantidade das tags adquiridas. Individualmente, no mercado brasileiro, temos valores em torno de R\$ 3,00 (três reais).

As tags possuem um espaço de armazenamento de 1 Kbyte, organizada em 16 setores com 4 blocos de 16 bytes cada. Existe apenas uma restrição de que não é recomendada a gravação na primeira faixa, do primeiro setor, pois nela reside a identificação única provida de fábrica de cada tag Marcondes (2015). Na abordagem executada, pelo uso de apenas 96 bits, apenas um setor será utilizado. Caso se faça necessário, mais setores podem ser usados.

Figura 14 – Antena RFID



Fonte: Do autor (2019)

4.2.2 Antena RFID

A Figura 14 apresenta, conforme apontado pela proposta, a antena RFID que é encarregada da leitura e gravação de dados nas etiquetas RFID. O modelo de antena utilizada no projeto é a RFID - RC522. Os valores de custo de tal antena também podem variar e, no mercado brasileiro, temos um custo médio de R\$ 15,00 (quinze reais) para cada antena.

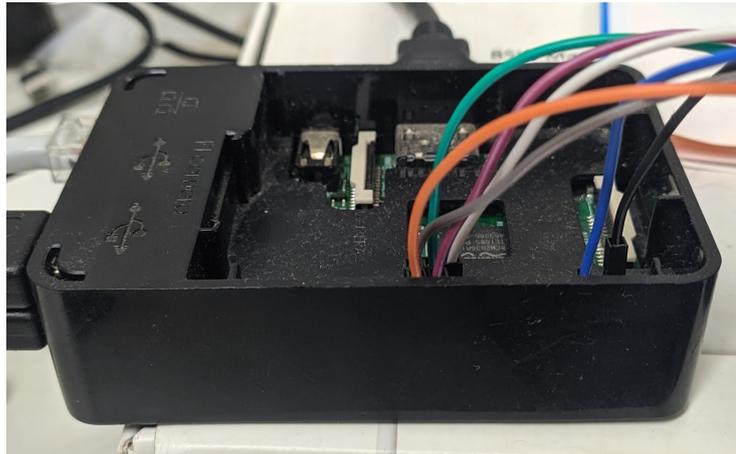
A antena RFID está conectada via portas programáveis de entrada e saída, amplamente conhecidas como General Purpose Input/Output (GPIO), no coletor de informações apresentado na Figura 15:

4.2.3 Coletor de Informações

O coletor de informações, conforme elucidado pela proposta, foi um Raspberry Pi 3 modelo B. O mesmo dispõe de um Sistema Operacional (SO) baseado em Linux embarcado, SO de uso livre e amplamente utilizado em projetos de automação, conforme exemplificado por Lemos *et al.* (2016), que interage com a antena RFID através de scripts em Python que realizam a leitura e escrita das informações, bem como o envio das informações via requisição HTTP para o servidor.

Atualmente, o dispositivo utilizado pode ser encontrado no mercado brasileiro por valores em torno de R\$ 300,00 (trezentos reais).

Figura 15 – Coletor de Informações



Fonte: Do autor (2019)

4.3 Servidor REST e Banco de Dados

O servidor foi implementado na linguagem de programação Java 8, com utilização do framework Spring, e com uma aplicação de um banco de dados relacional MySQL.

A implementação segue as indicações fornecidas pelo padrão REST com a utilização do padrão *Model-View-Controller-Service* (MVCS), escolhido com base nos comparativos fornecidos por Sommerville (2011) e Pressman e Maxim (2016), para desacoplamento das funções e que divide a aplicação em quatro camadas: A Camada de Interação do usuário (*View*), a Camada de Manipulação dos Dados (*Model*), a Camada de Controle (*Controller*) e a Camada de Serviços (*Service*).

A Camada de Interação com o usuário cuida de exibir as informações diretamente ao cliente por meio de tecnologias como, por exemplo, HTML e CSS. No caso da implementação abordada por esta seção, será discutida de forma mais aprofundada em parágrafos posteriores.

A Camada de Manipulação dos dados é destinada, na produção realizada neste trabalho, para acoplar as representações da arquitetura REST. O mesmo dispõe dos modelos e classes referente aos objetos.

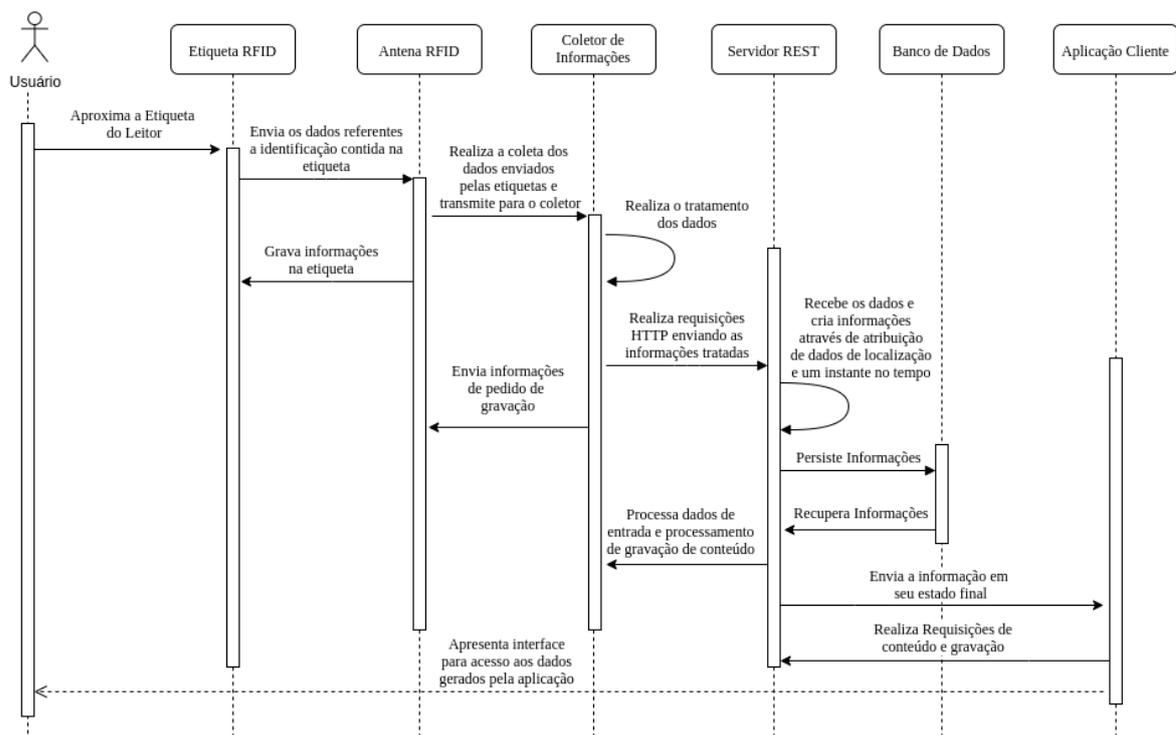
A Camada de Controle é responsável por receber todas as requisições HTTP enviadas ao servidor. A mesma realiza a função de tradução de URIs, juntamente do método HTTP empregado, e realizar a chamada de um recurso do sistema.

Por fim, a Camada de Serviços implementa as regras de negócio da aplicação e comunica-se diretamente com as chamadas realizadas pela camada de controle.

4.4 Comunicação e Documentação:

É possível observar os principais componentes do sistema e a interação entre eles através do Diagrama de Sequência apresentado na Figura 16. A aplicação que foi desenvolvida pode ser acessada e utilizada conforme a necessidade e sua empregabilidade. O código está disponível e pode ser acessado em um repositório de uso gratuito no GitHub.¹

Figura 16 – Sistema ARYA



Fonte: Do autor (2019)

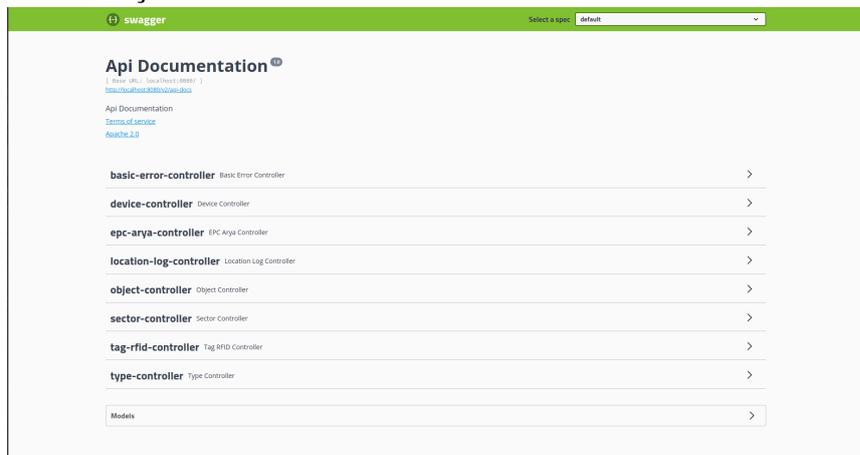
Conforme ilustrado pelo Diagrama de Sequência, fornecido pela Figura 16, o sistema emprega um conjunto de etapas bem definidas para registro e acesso de informações. Através da utilização inicial do sistema, via etiqueta RFID pertencente a um usuário ou um objeto e que contém a identificação única fornecida pelo EPC ARYA, o sistema realiza a captura das informações através da Antena RFID que, por sua vez, envia os dados para o Coletor de Informações que em conjunto do Servidor REST, realiza uma série de tratamentos com a informação obtida como, por exemplo, a atribuição de data e hora e a verificação de autenticidade da informação da tag. Após este processo os dados transformam-se em informação que é persistida no Banco de Dados que tem o papel de gerenciar o acesso a informação. Toda essa

¹ <https://github.com/GalileuMendes/arya/>

informação pode ser acessada e requerida através da interação entre a Aplicação Cliente e o Servidor REST para entregar as informações de localização de objetos ao usuário final.

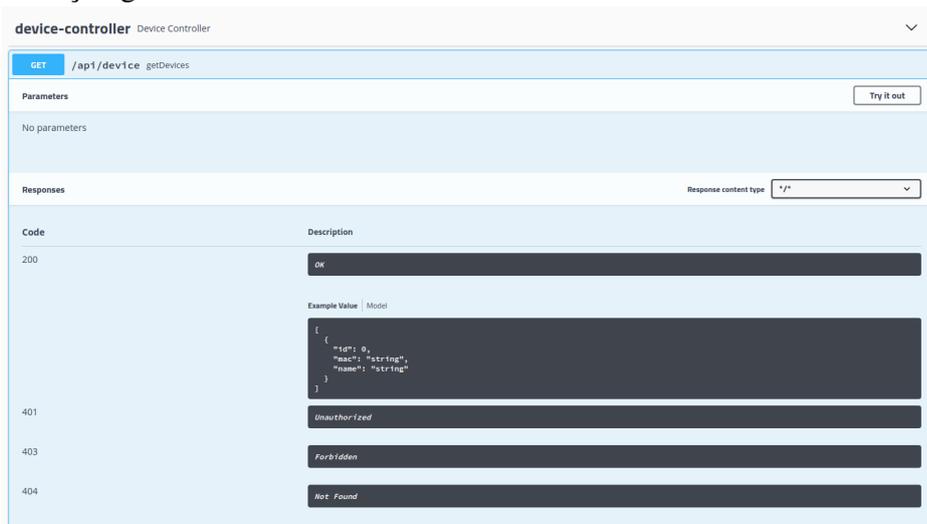
O projeto também dispõe de uma documentação, referente ao conjunto de APIs que foram desenvolvidas, e que permite o teste e a visualização das funcionalidades que podem ser acessadas e consumidas no servidor REST. Tal documentação pode ser consultada, através de acesso direto ao servidor de aplicação ARYA que foi desenvolvido no referido trabalho, com o uso da seguinte URL: `http://<IP_ARYA_SERVER>:<PORT_ARYA_SERVER>/swagger-ui.html#/`.

Figura 17 – Documentação da API ARYA



Fonte: Do autor (2019)

Figura 18 – Função getDevices



Fonte: Do autor (2019)

5 RESULTADOS

O presente trabalho objetivou, além da entrega de uma implementação referente ao estudo realizado sobre uma arquitetura que pudesse fornecer dados acerca de localização de objetos, a entrega de uma prova de conceito que fizesse uso da arquitetura. Para a prova de conceito, foi implementado um sistema que auxilia no registro de chamada em sala de aula.

Nos parágrafos conseguintes, serão apresentados os resultados referentes à implementação do ecossistema de registro de localização, bem como a aplicação cliente generica de uso da plataforma. Trataremos acerca dos componentes empregados em cada um dos módulos apresentados anteriormente na proposta e, por fim, definiremos o funcionamento geral de duas aplicações que atuam como provas de conceito, são elas: aplicação de registro de chamadas em sala de aula e aplicação de rastreamento de movimentação de patrimônio.

5.1 Aplicações Cliente

Figura 19 – Interface de Usuário Genérica

The screenshot shows the 'EPC Arya' user interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: EPC Arya, Devices, Objects, Sectors, Tags, Types, and EPC. The main content area is titled 'Location Log' and contains a 'Search log' section. This section includes several input fields: 'Device' (set to 'Device 1'), 'Initial Date' (06/12/2019), 'Initial Time (HH:mm:ss)' (18:00:00), 'Final Date' (06/12/2019), and 'Final Time (HH:mm:ss)' (18:05:00). A 'SEARCH' button is located below these fields. To the right of the search form is a table with the following data:

Type	Identification	Sector	Device	Pickup Moment
Student	431520	UFC Crateús	Device 1	6 de dez de 2019 18:01:06
Student	431519	UFC Crateús	Device 1	6 de dez de 2019 18:02:23

At the bottom right of the table, it indicates '2 logs'.

Fonte: Do autor (2019)

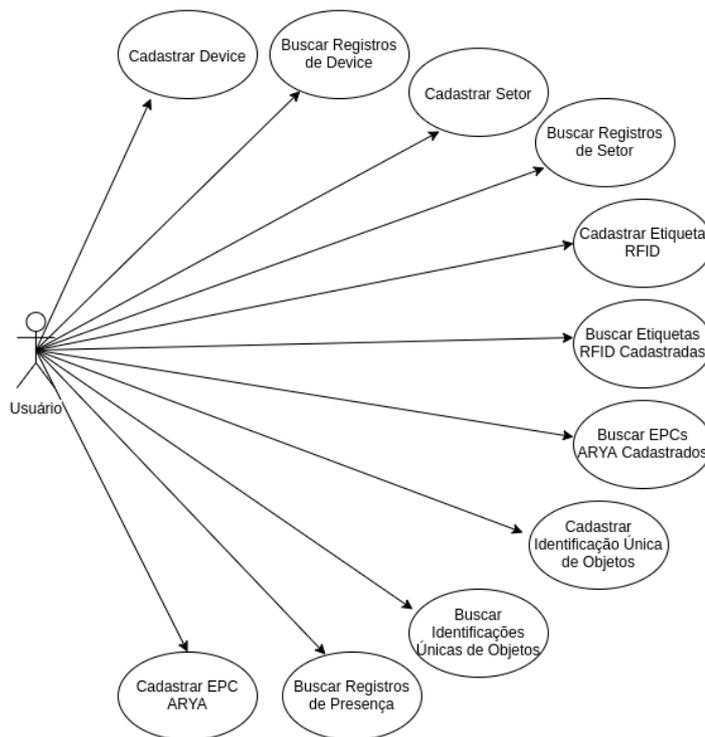
A figura 19 representa a camada de interação com o usuário implementada para a elucidação de uma aplicação cliente e que faça uso dos serviços de registro de localização de objetos. Tal camada foi implementada utilizando o framework Angular 8+ e pode realizar interações de cadastro das classes de objetos referidos no novo padrão EPC, como também a busca por registros de localização em um determinado dispositivo de captação.

A camada oferece ao usuário uma interface de interação onde o mesmo pode indicar que deseja receber os registros, através da utilização de filtros, dentro de um período de tempo que se refere a dia, mês, ano, hora, minuto e segundo. Através da inserção de um período inicial e final a interface apresenta a resposta de todos os registros captados dentro daquele período de tempo. O mesmo ainda pode aplicar um filtro para busca baseada em um dispositivo específico.

A interface também permite o cadastro e consulta de dispositivos, numerações únicas de objetos, setores, tipos, identificação de fábrica de tags RFID e, por fim, a criação de um EPC único com base em informações já cadastradas no sistema.

Conforme ilustrado pela Figura 19, a API genérica que foi desenvolvida dispõe de uma série de funcionalidades de busca e cadastro de classes de objetos que são usados pelo servidor REST. Desse modo, a Figura 20 expõe um Diagrama de Casos de Uso que mostra as operações disponíveis na aplicação principal.

Figura 20 – Diagrama de Casos de Uso EPC ARYA



Fonte: Do autor (2019)

5.1.1 Gravação de Etiquetas

Para a correta utilização do sistema de registro de presença se faz necessário o cadastro prévio de todas as informações requisitadas para a criação de uma cadeia EPC. As

5.1.2 *Leitura de Etiquetas*

Após o cadastro das cadeias EPC nas etiquetas RFID, cada tag estará autorizada a realizar um registro de passagem quando a mesma for aproximada de um Coletor de Informações, acoplado de uma antena RFID, que esteja realizando a leitura de tags. Tal leitura é realizada por um script que necessita ser inicializado para iniciar o processo de contínuo de leitura.

O coletor de informações, ao comunicar-se com o servidor, necessita ser identificado unicamente para que o servidor confirme a origem das leituras e qual dispositivo está realizando essa leituras. Para tal, o mesmo envia um endereço de controle de acesso à mídia (endereço MAC), que é retirado do padrão Ethernet do aparelho, e que é utilizado para identificação do mesmo na arquitetura do sistema.

Após a confirmação realizada pelo servidor, de que o coletor de informações que está realizando o pedido de cadastro de informação já é previamente cadastrado, o mesmo realiza a criação de um registro de presença que acopla a cadeia EPC, o device e o instante de tempo que é gerado automaticamente pela aplicação servidora.

5.2 Casos de Uso

Será tratada, a seguir, a criação de dois Casos de Uso que utilizam a arquitetura construída e tem a finalidade de apresentar uma prova de conceito acerca do que foi desenvolvido.

Os Casos de Uso, que serão abordados a seguir, demonstram o uso direcionado da aplicação quando construída para um contexto específico. Desse modo, a aplicação dispõe do uso das funcionalidades elicitadas pela Figura 20 porém, o seu enfoque é a recuperação e exibição de informações pertinentes ao contexto no qual está sendo aplicada.

5.2.1 *Registro de Chamada em Sala de Aula*

Um conhecido serviço empregado pela universidade é o de realização de chamadas em sala de aula para verificação de presença de alunos. A mesma é utilizada para a verificação de presença e contabilização da quantidade de aulas na qual um aluno esteve presente.

O presente caso de uso emprega a realização de uma chamada em sala de aula, mantendo os conceitos básicos de verificação e contabilização, adicionando o uso de ferramentas que podem auxiliar na automatização do processo como, por exemplo, a utilização de etiquetas RFID por parte dos alunos para o registro de presença e a arquitetura proposta para contabilização

e acesso as informações de maneira facilitada através de uma aplicação web.

O primeiro caso de uso utiliza a plataforma de registro de localização de objetos para realizar o registro automático de chamada de alunos em sala de aula. O contexto da aplicação é simplificado e se refere a uma sala de aula onde o professor necessita registrar todos os alunos que estão presentes dentro de um ambiente e em um determinado momento no tempo. Para tal, o mesmo usa o novo padrão EPC, aplicando informações específicas nos campos elucidados na proposta, de modo que se possa utilizar o sistema para este fim específico. Especificaremos os campos que necessitam de contexto, apresentados no novo padrão EPC, e seus valores a seguir.

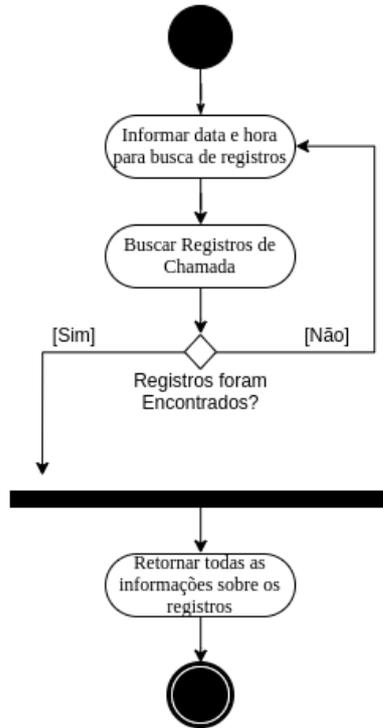
- **Tipo:** Para a aplicação de registro de alunos em sala de aula o campo tipo recebe o valor Aluno. Tal valor representa o tipo de objeto que será rastreado na aplicação.
- **Setor:** O campo setor agregará todos os setores da UFC, conforme elucidado no referencial teórico, e definirá em qual setor da UFC a aula está acontecendo.
- **Identificação do Objeto:** Dado que o valor para o tipo foi definido como Aluno e o contexto refere-se a UFC, tal campo receberá a matrícula do aluno fornecida pela própria universidade.

Conforme a definição dos campos do novo EPC temos que para toda sala, que tem como finalidade de uso a realização de aulas, a mesma recebe um coletor de dados que é acoplado fisicamente a mesma. A Figura 22, apresentada a seguir, ilustra um Diagrama de Atividades que representa o fluxo de utilização da aplicação de Registro de Chamada.

A Figura 22 ilustra a utilização do sistema com o propósito de visualização das informações de registro de presenças de alunos em sala de aula. Para tal, o sistema requer uma entrada inicial de data e horário para representação de um intervalo de tempo para busca, ou seja, um momento inicial e um momento final que sinalizam o horário de início e fim da aula. Com essas informações o sistema realiza a busca por registros entregando a informação final caso hajam registros ou retornando ao pedido inicial de busca caso os dados não sejam encontrados.

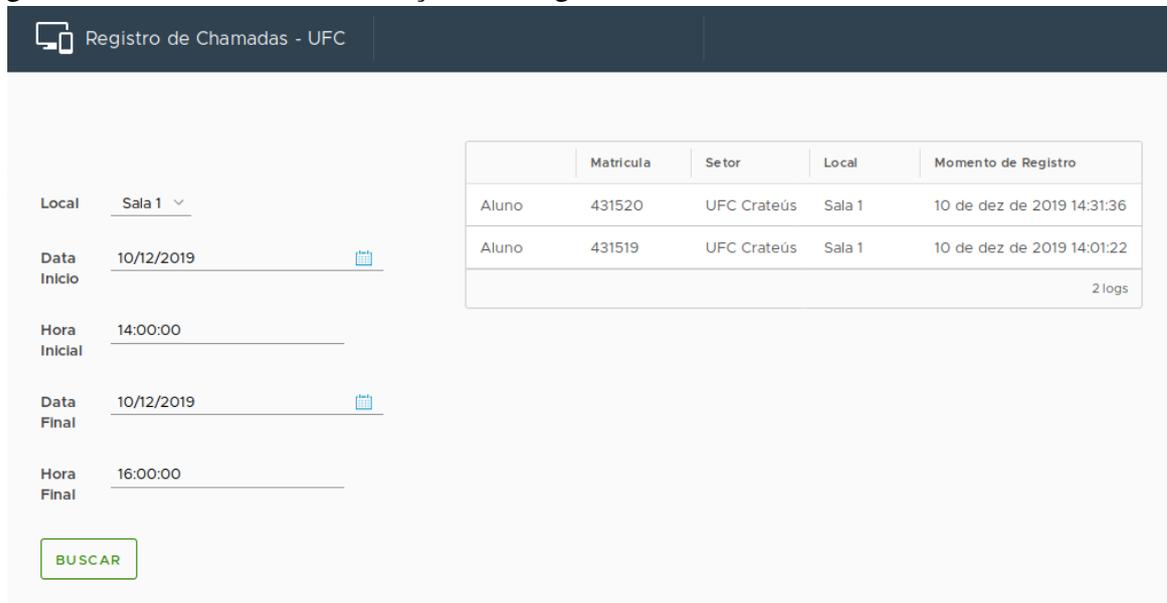
A Figura 23 apresenta o resultado pela pesquisa de registros de presença, no dispositivo Sala 1, com os espaços de tempo definidos entre 10/12/2019 às 14:00:00 até 10/12/2019 às 16:00:00. Tal resultado expõe os objetos que foram lidos, que referenciam os alunos, no dispositivo selecionado e no horário atribuído. As demais informações pertinentes como, por exemplo, qual disciplina estava sendo ministrada podem ser obtidas junto às informações da própria universidade, estando de posse das informações de horário e local fornecidas pela aplicação.

Figura 22 – Diagrama de Atividades - Registro de Chamada



Fonte: Do autor (2019)

Figura 23 – Interface de Visualização dos Registros de Chamada



Fonte: Do autor (2019)

5.2.2 Rastreo de Movimentação de Patrimônio Entre Setores

Outro serviço empregado dentro da universidade é o envio de malotes, com cartas e documentos, e a mobilidade de patrimônio intercampi. O mesmo é utilizado para o envio e troca de objetos entre setores.

O presente caso de uso emprega o rastreamento de tais objetos enquanto os mesmos transitam entre setores da universidade. O conceito básico é identificar, em um momento no tempo, onde se encontra o objeto enviado entre o remetente e o destinatário de modo a sempre acompanhar a trajetória do objeto.

O segundo caso de uso utiliza a plataforma de registro de localização de objetos para rastrear o patrimônio da UFC que é enviado entre setores. O contexto da aplicação é que sempre que a universidade enviar objetos pertencentes ao seu patrimônio, entre setores, a mesma possa rastrear os setores pelos quais o objeto já passou entre a origem e destino. Para a definição dos valores chave, empregados neste caso de uso, para o novo padrão EPC temos:

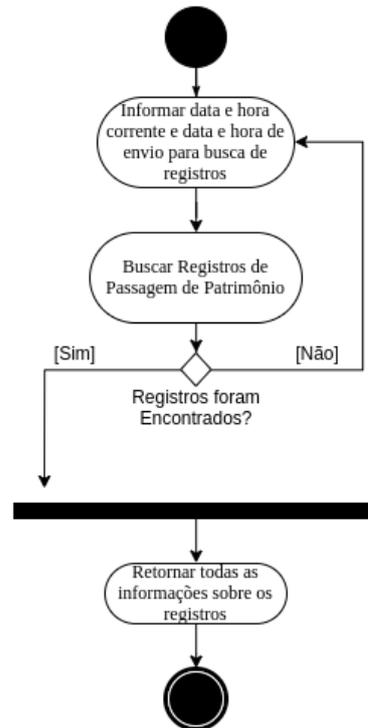
- **Tipo:** Para a aplicação de rastreamento de patrimônio temos que o campo tipo recebe o valor Patrimônio. Tal valor representa o tipo de objeto que será rastreado na aplicação.
- **Setor:** O campo setor agregará todos os setores da UFC, conforme elucidado no referencial teórico, e definirá de qual setor da UFC é a origem do patrimônio que está sendo enviado.
- **Identificação do Objeto:** Dado que o valor para o tipo foi definido como Patrimônio e o contexto refere-se a UFC, tal campo receberá o tombamento do objeto fornecido pela própria universidade.

Dada a definição dos campos do novo padrão EPC, temos que todo setor da universidade receberá um coletor de dados, que será acoplado fisicamente e que receberá um local estratégico dentro da estrutura do setor, e específica diretamente o local. A Figura 24, apresentada a seguir, ilustra um diagrama de atividades que representa o fluxo de utilização da aplicação de Rastreamento de Patrimônio.

A Figura 24 representa a empregabilidade do sistema com o propósito de visualização das informações de rastreamento de patrimônio da universidade enquanto em trânsito intercampi. Para tal, o sistema requer uma entrada inicial de data e horário para representação de um intervalo de tempo para busca, ou seja, um momento inicial e um momento final que sinalizam a data e hora de envio e a data e hora corrente. Com essas informações o sistema realiza a busca por registros, entregando a informação final caso exista o registro de passagem do patrimônio ou retornando ao pedido inicial de busca caso nenhum dado não seja encontrado.

A Figura 25 apresenta o resultado pela pesquisa de movimentação do patrimônio, sem definição prévia de device, com os espaços de tempo definidos entre 09/12/2019 às 00:00:00 até 10/12/2019 às 23:59:59. Como resultado, é exposto todo device que recebeu o registro de presença do patrimônio durante aquele período de tempo, representando assim todo local pelo

Figura 24 – Diagrama de Atividades - Rastreo de Patrimônio



Fonte: Do autor (2019)

qual o patrimônio passou durante aquele período de viagem. Informações pertinentes como, por exemplo, os locais e horários podem ser diretamente acessadas através dos valores dos campos do EPC.

Figura 25 – Interface de Visualização do Rastreo de Patrimônio

📄 Rastreo de Patrimônio - UFC

Local

Data de Envio 📅

Hora de Envio

Data Atual 📅

Hora Atual

BUSCAR

	Tombamento	Local de Origem	Local de Passagem	Momento de Registro
Patrimônio	8623847612	UFC Crateús	UFC - Crateús	9 de dez de 2019 10:31:36
Patrimônio	8623847612	UFC Crateús	UFC - Russas	9 de dez de 2019 19:01:22
Patrimônio	8623847612	UFC Crateús	DTI - PICI	10 de dez de 2019 14:31:36
				3 logs

Fonte: Do autor (2019)

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento do presente estudo abordou a criação de uma enumeração, fundamentada na tecnologia EPC, para a identificação única de objetos dentro do ambiente universitário. O trabalho, também, aborda a criação de um sistema web, baseado na arquitetura REST, que utiliza a enumeração desenvolvida em uma plataforma que realiza o cadastro e provimento de informações acerca do registro de localização de objetos.

O objetivo principal do sistema proposto é que o mesmo pudesse fornecer uma plataforma de acesso simplificado a informações de localização e registro de objetos, para que outras aplicações pudessem fazer uso dos recursos ofertados pela mesma. Desse modo, foi realizada a criação de uma aplicação que fornece os recursos necessários e dois casos de uso. O primeiro para realização de registro de chamada em sala de aula e o segundo para rastreamento de envio de patrimônio entre setores. Ambos demonstram que a integração de aplicações é possível e viável diante da estrutura projetada.

Portanto, através da pesquisa desenvolvida, é factível a adoção de um novo padrão que possa permitir a implementação facilitada de diversas aplicações que fazem uso do registro de presença e localização dos objetos dentro do ambiente universitário e que, assim, possam trazer uma contribuição direta para a instituição.

A pesquisa pode ser aprofundada com o estudo de barateamento do equipamento empregado a fim de uma aderência maior do produto final. O uso de novas tecnologias como, por exemplo, Blockchain, pode caracterizar adições a confiabilidade das informações que são transportadas pelo sistema. Uma outra possível pesquisa futura, utilizando ferramentas de análise de dados, seria o estudo das grandes quantidades de dados relacionados a objetos e localizações, gerados pela arquitetura, com a finalidade de buscar padrões e melhorias através do uso dos dados. Através desse estudo, acredita-se ser possível identificar, por exemplo, padrões de consumo por determinados itens pelos diversos setores da instituição e, de forma proativa, realizar a aquisição desses objetos ou encaminhar mais destes para os setores mais necessitados. Finalmente, é aconselhada uma validação formal do sistema aqui proposto através de um experimento com usuários, culminando em uma entrevista, a fim de criar uma validação com enfoque social que forneça informações sobre aceitação e usabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

- ASSESPRO, F. N. **Entenda como funciona a Internet das Coisas e qual o papel do RFID**. 2015. Acesso em: 20 outubro 2017. Disponível em: <<http://www.assespro-mg.org.br/index.php/entenda-como-funciona-a-internet-das-coisas-e-qual-papel-do-rfid/>>. Acesso em: 20 outubro 2017.
- BERKENBROCK, C. D. M. *et al.* Investigação e implementação de estratégias de notificação de invalidação para coerência de cache em ambientes de computação móvel sem fio. Florianópolis, SC, 2005.
- BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. **RFID field guide: deploying radio frequency identification systems**. [S.l.]: Prentice Hall PTR, 2005.
- BROCK, D. L. The electronic product code (epc)-a naming scheme for physical objects. **White paper**, MIT auto-id center, 2001.
- CHOPRA, S.; SODHI, M. Supply-chain breakdown. **MIT Sloan management review**, v. 46, n. 1, p. 53–61, 2004.
- FIELDING, R.; GETTYS, J.; MOGUL, J.; FRYSTYK, H.; MASINTER, L.; LEACH, P.; BERNERS-LEE, T. **Hypertext transfer protocol-HTTP/1.1**. [S.l.]: RFC 2616, june, 1999.
- FIELDING, R. T.; TAYLOR, R. N. **Architectural styles and the design of network-based software architectures**. [S.l.]: University of California, Irvine Doctoral dissertation, 2000. v. 7.
- FINKENZELLER, K. **RFID handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010.
- FOSSTRAK. **Conheça o Fosstrak**. 2010. Disponível em: <<https://fosstrak.github.io/epcis/index.html>>. Acesso em: 20 outubro 2019.
- GUINARD, D.; MUELLER, M.; PASQUIER-ROCHA, J. Giving rfid a rest: Building a web-enabled epcis. In: IEEE. **2010 Internet of Things (IOT)**. [S.l.], 2010. p. 1–8.
- HONISCH, G. **Location based services platform using multiple sources including a radio frequency identification data source**. [S.l.]: Google Patents, 2011. US Patent 8,073,795.
- IGOE, T. **Getting Started with RFID: Identify Objects in the Physical World with Arduino**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2012.
- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.; ZUCCHI, W. L. **Redes de Computadores ea Internet: uma abordagem top-down**. [S.l.]: Pearson Addison Wesley, 2007.
- LEMONS, A. L.; DANIEL, F.; BENATALLAH, B. Web service composition: a survey of techniques and tools. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM, v. 48, n. 3, p. 33, 2016.
- LYNDA, O. **REST e HTTP**. 2013. Disponível em: <<https://www.lynda.com/OData-tutorials/Foundations-Programming-Web-Services/126131-2.html>>. Acesso em: 16 setembro 2019.
- MACORATTI, J. C. **Princípios sobre o REST**. 2016. Disponível em: <http://www.macoratti.net/16/05/net_rest1.htm>. Acesso em: 12 outubro 2019.

MARCONDES, A. N. **EPC/RFID**. 2015. Disponível em: <<https://www.gs1br.org/codigos-e-padroes/epc-rfid>>. Acesso em: Acesso em: 1 novembro 2019.

MASSE, M. **REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2011.

PRESSMAN, R.; MAXIM, B. **Engenharia de Software-8ª Edição**. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2016.

RADKO, J.; SCHUMACHER, A. Electronic product code: Rfid drives the next revolution in adaptive retail supply chain execution. **Gaithersburg, MD: Global eXchange Services. Retrieved October**, v. 18, p. 2004, 2004.

SARMA, S.; BROCK, D.; ENGELS, D. Radio frequency identification and the electronic product code. **IEEE Micro**, IEEE, n. 6, p. 50–54, 2001.

SHARMA, V.; MALHOTRA, S.; HASHMI, M. An emerging application centric rfid framework based on new web technology. In: IEEE. **2018 IEEE International Conference on RFID Technology & Application (RFID-TA)**. [S.l.], 2018. p. 1–6.

SOMMERVILLE, I. Software engineering 9th edition. **ISBN-10137035152**, 2011.

TECNOLOGIES, S. **The Basics of an RFID System**. 2017. Disponível em: <<http://starporttech.com/basics-rfid-system/>>. Acesso em: Acesso em: 20 outubro 2019.

UFC. **Conheça a Universidade**. 2019. Disponível em: <<http://www.ufc.br/a-universidade>>. Acesso em: Acesso em: 22 agosto 2019.

WANT, R. An introduction to rfid technology. **IEEE pervasive computing**, IEEE, n. 1, p. 25–33, 2006.