

Sistema para Gerenciamento de Armários Conectados em Ambientes Colaborativos - FabLocker

Trabalho de Conclusão do Curso de
Tecnologia em Sistemas para Internet

Leonardo Marques Pereira das Neves
Orientador(a): André Peres

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)
Campus Porto Alegre
Av Cel Vicente, 281, Porto Alegre – RS – Brasil

ledomarques@gmail.com, andre.peres@poa.ifrs.edu.br

Resumo. *Este artigo descreve o sistema para gerenciamento de armários conectados, denominado FabLocker, proposto e concebido para auxiliar na gestão de armazenamento e organização de materiais, equipamentos e protótipos utilizados no desenvolvimento de projetos em espaços colaborativos, Fablabs e Makerspaces. Por questões de segurança, a gestão desses ativos demanda um controle sobre seu armazenamento e acesso. Nesse tipo de ambiente, quando há algum tipo de controle no armazenamento de matérias, o mesmo é feito através do uso de armários com chave ou segredo. Dessa maneira, percebe-se que um controle mais efetivo e flexível é necessário. O sistema proposto visa atender essa demanda, utilizando tecnologias baseadas em hardware e software livres. O objeto de aplicação do sistema proposto, será o POALAB, um Fablab instalado nas dependências do Campus Porto Alegre do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Ao longo do artigo serão detalhados aspectos como a motivação para realização deste sistema, bem como a justificativa para as tecnologias utilizadas e outras aplicações possíveis.*

1. Introdução

Este artigo versa o problema de armazenamento seguro de materiais e equipamentos utilizados em projetos desenvolvidos em espaços colaborativos. Como espaços colaborativos, são considerados dois modelos que vem crescendo no Brasil no últimos anos: Espaços de *Coworking* e *Maker Spaces* (mais especificamente, Fab Labs). Para um melhor entendimento sobre o que são esses tipos de espaços, serão abordados alguns conceitos sobre o que definem esses espaços para trabalho colaborativo e quais seus objetivos.

Espaços de *Coworking* [Foertsch 2020], cujo crescimento no Brasil foi de 48% no ano de 2019, em comparação ao ano de 2017 [Brasil 2020a], são espaços para desenvolvimento de trabalho colaborativo e flexível que se baseiam na confiança mútua e na partilha de objetivos e valores comuns entre os membros. A confiança mútua e partilha de objetivos podem ser caracterizadas pelo uso de objetos físicos e recursos comuns, bem como na possibilidade de colaboração em projetos afins e formação de uma cadeia de fornecimento de serviços que se complementem.

Um **Fab Lab** [Brasil 2020b] é um componente de divulgação educacional do Centro para Bits e Átomos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), uma extensão de

sua pesquisa em fabricação digital e computação. Um Fab Lab é uma plataforma técnica de prototipação para inovação e invenção, provendo estímulo para empreendedores locais. É também uma plataforma para aprender e inovar: um lugar para brincar, para criar, para aprender, para orientar, para inventar. É um laboratório de fabricação digital. Para ser um Fab Lab é necessário seguir alguns princípios: abrir as portas à comunidade pelo menos uma vez por semana sem cobrar nada; compartilhar ferramentas e processos com os outros laboratórios do tipo; participar ativamente da rede por meio de videoconferências e encontros presenciais. Além disso, o Fab Lab precisa possuir cinco máquinas específicas: uma impressora 3D, uma cortadora a laser, uma cortadora de vinil, uma fresadora de pequeno formato e outra de grande formato. Também é necessário contratar um diretor, um fab manager (gerente) e alguns gurus (técnicos em máquinas, softwares e processos) para ajudar os frequentadores no que eles precisarem. Deve conectar-se à comunidade global de aprendizes, educadores, tecnólogos, pesquisadores, *makers* e inovadores, uma rede de compartilhamento de conhecimento que alcança 30 países e 24 fusos horários. Porque todos os Fab Labs compartilham as mesmas ferramentas e processos, foi possível construir uma rede mundial de laboratórios para pesquisa e invenção. Atualmente, já são 40 Fab Labs instalados no Brasil [FabLab.IO 2020], sendo o POALAB, Fab Lab instalado no Campus Porto Alegre do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul, integrante dessa rede.

O uso de espaços colaborativos espalhados pelo mundo, para desenvolvimento de projetos, muitas vezes implica no armazenamento de equipamentos, peças e protótipos em desenvolvimento, nas dependências do espaço. Por questões de segurança e organização, a gestão desses ativos demanda um controle de armazenamento e acesso. O uso de armários com fechamento por chave ou segredo, ou simplesmente guardar esses ativos em prateleiras, é a prática comum nesse tipo de ambiente. Porém, percebe-se que um controle mais efetivo e flexível é necessário.

Na figura 1 (a) é mostrada uma imagem do Fab Lab do MIT, localizado em Boston, nos Estados Unidos [for Bits and Atoms 2020], onde é possível observar como alguns equipamentos e materiais são armazenados. Neste ambiente são utilizados armários de prateleiras. A figura 1 (b) mostra um ambiente do Fab Lab Tampa Hacker, localizado em Tampa, nos Estados Unidos [Hackerspace 2020]. Seguindo o mesmo conceito do MIT, nesse ambiente os materiais e equipamentos também ficam alocados em prateleiras. Na figura 1 (c) é mostrado um ambiente do Fab Lab Kerala, localizado em Kochi, na Índia [Jeevan 2020], onde também é possível observar materiais e equipamentos dispostos em prateleiras abertas. Todas as imagens foram obtidas à partir do site de cada local.

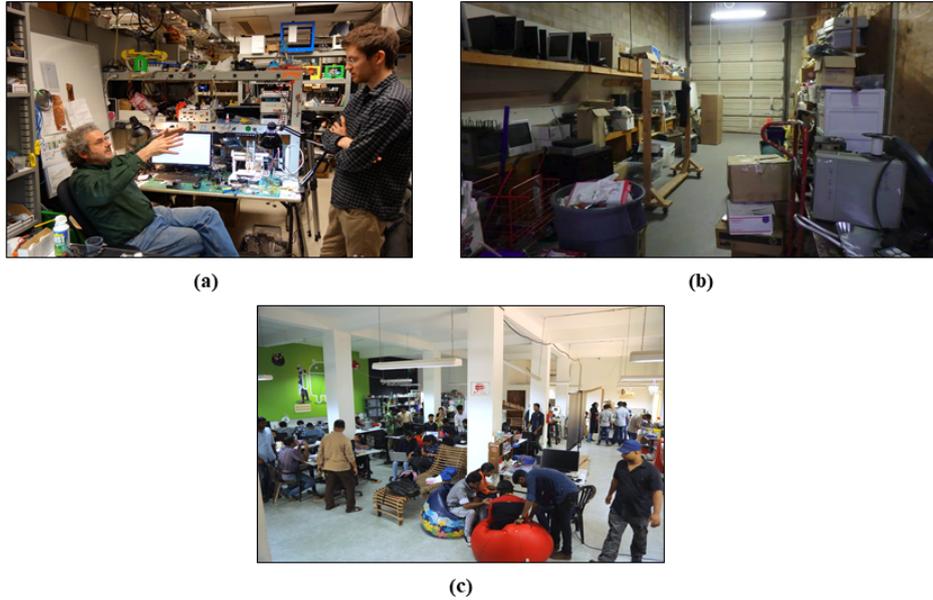


Figura 1. Exemplos de espaços colaborativos em Fab Labs

Nos projetos realizados nesse tipo de ambiente, várias pessoas podem participar do desenvolvimento de um mesmo projeto, em momentos diferentes, bem como a mesma pessoa pode participar de projetos diferentes.

Nesse contexto, pode-se classificar os projetos colaborativos em duas categorias:

- **Projetos síncronos**- onde todos os envolvidos encontram-se simultaneamente no espaço colaborativo para trabalhar no projeto, fazendo uso dos ativos e componentes;
- **Projetos assíncronos** - onde os usuários envolvidos no projeto podem usar o espaço (e consequentemente os ativos e componentes) em momentos diversos.

Assim, por exemplo, torna-se difícil manter o controle sobre chaves para acesso à armários, à medida que chaves podem ser reproduzidas fora de um ambiente controlado. A implementação de mais segurança de acesso à componentes de um projeto e equipamentos do espaço acaba sendo inversamente proporcional à flexibilidade e agilidade na execução de projetos, situação que se agrava em projetos assíncronos.

Para uma possível solução do problema citado, trabalha-se com a seguinte hipótese: é possível a construção de um sistema de armazenamento, onde seja possível guardar componentes de projetos em andamento, em um ambiente colaborativo, e mesmo equipamentos do espaço, mais seguro e flexível, utilizando plataformas de *software* e *hardware* livres?

Este sistema objetiva tornar mais segura e simples a gestão de ativos utilizados em espaços colaborativos. Os aspectos de segurança e simplicidade serão alcançados à medida que o acesso aos ativos seja feito somente por pessoas que façam parte do projeto ou pelo administrador do espaço. Para quem administra um ambiente deste tipo, o sistema possibilita ter controle e otimização da ocupação dos espaços disponíveis, bem como um melhor controle sobre o acesso aos equipamentos disponíveis no ambiente.

Para o usuário proporciona tranquilidade em saber que seus materiais e equipamentos estão guardados com segurança e poderão ser acessados sempre que necessário, somente por pessoas conhecidas.

O desenvolvimento deste trabalho está organizado da seguinte forma: na sessão 1 foi apresentada a introdução do trabalho. Na sessão 2 está descrito o estado da arte em sistemas de controle de acesso. Na sessão 3 está descrito o ambiente onde o sistema foi instalado. Na sessão 4 está descrita a solução desenvolvida para o problema. Na sessão 5 está descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento do sistema e, por fim, na sessão 6 são apresentadas as conclusões do trabalho.

2. Estado da arte

Existem variadas soluções de mercado para controlar o acesso ao interior de ambientes ou invólucros, as quais diferem em tecnologia, forma de controle e custo.

As diversas tecnologias empregadas atualmente em fechaduras permitem diferentes formas de travamento e destravamento. A seguir serão descritas algumas dessas tecnologias, as quais são as mais utilizadas. Para ilustrar a forma como são empregadas essas tecnologias, a figura 2 (a) mostra um modelo de chave utilizada em fechaduras tradicionais. A figura 2 (b) mostra uma fechadura acionada através de leitor biométrico. A figura 2 (c) mostra cartões e *tags* com tecnologia RFID, utilizados para abrir fechaduras que também contém essa tecnologia. Na figura 2 (d) é mostrada um exemplo de fechadura que utiliza a tecnologia *Bluetooth* para seu travamento e destravamento. A figura 2 (e) mostra um exemplo de fechadura que utiliza a tecnologia NFC para seu travamento e destravamento. As imagens foram obtidas à partir de pesquisas na Internet.



Figura 2. Exemplos de fechaduras que utilizam as tecnologias citadas

Chave: Modo mais tradicional e simples para travamento e destravamento de portas.

Biometria: Uso de leitura da impressão digital para destravamento, onde é necessário cadastramento prévio da digital do usuário, de maneira local ou remotamente por leitor ligado ponto-a-ponto.

RFID (*Radio-Frequency IDentification*): Uso de cartões ou *tags* com tecnologia RFID para travamento e destravamento de portas. Identificação por radiofrequência, ou RFID, é um termo genérico para tecnologias que usam ondas de rádio para identificar automaticamente pessoas ou objetos. Existem vários métodos de identificação, mas o mais comum é armazenar um número serial que identifica uma pessoa ou objeto e, talvez, outras informações, em um microchip que está ligado a uma antena (o chip e a antena juntos são chamados de um transponder RFID ou uma tag RFID). A antena permite que o chip transmita a informação de identificação a um leitor. O leitor converte as ondas de rádio refletidas da tag RFID em informações digitais que depois podem ser repassadas a computadores que podem fazer uso delas [Brasil 2020c]. No uso em fechaduras, a fechadura contém um leitor RFID.

Bluetooth: Uso de dispositivo com comunicação *Bluetooth*, normalmente um *smartphone*, para travamento e destravamento de portas. Exige um pareamento entre dispositivos (fechadura e instrumento de bloqueio/desbloqueio) para efetuar a operação. *Bluetooth* é uma tecnologia de conectividade sem fio de baixa potência usada para transmitir áudio, transferir dados e transmitir informações entre dispositivos [SIG 2020].

NFC (*Near Field Communication*): Uso de dispositivo com comunicação NFC para travamento e destravamento de portas. NFC é uma forma de comunicação sem contato entre dispositivos, como *smartphones* ou *tablets*. A comunicação sem contato permite que um usuário utilize um *smartphone* através de um dispositivo compatível com NFC para enviar informações sem precisar tocar nos dispositivos ou passar por várias etapas configurando uma conexão[NFC.org 2020].

2.1. Soluções existentes no mercado

Existem soluções de mercado que se assemelham à solução proposta, as quais serão destacadas a seguir:

A empresa holandesa Vecos [Vecos 2020] produz armários inteligentes sob demanda, com soluções para apropriação e destravamento das portas, do tipo *selfservice*. São três soluções desenvolvidas: destravamento do armário por cartão RFID, à partir do cadastramento prévio do cartão do usuário, com leitor centralizado; Destravamento por cartão RFID, onde cada armário possui leitor integrado na própria fechadura e Destravamento remoto, através de *smartphone*. No último caso, os armários estão conectados na WEB e informam sobre sua ocupação para o administrador, para que o mesmo tenha dados para avaliar a necessidade de instalar mais armários ou reduzir sua quantidade.

A empresa brasileira S4T [para TI 2020] produz um modelo de armário com fechadura eletrônica, com travamento e destravamento por senha, onde o usuário faz o cadastramento de sua senha diretamente na fechadura. Estas fechaduras permitem conexão local com computador para que o administrador realize auditoria sobre o uso do armário. Essa empresa também fabrica armários com sistema tradicional de fechamento através de chave.

A figura 3 (a) mostra o armário da empresa S4T, com fechadura eletrônica, a qual permite conexão ponto-a-ponto com computador para realizar auditoria na mesma, através de protocolo de comunicação e *software* próprios. A figura 3 (b) mostra o detalhe de um armário fabricado pela empresa Vecos, o qual possui iluminação interna e porta USB para alimentação de dispositivo. Seu destravamento é feito através de cartão RFID. A figura 3 (c) mostra um conjunto de armários da empresa Vecos, instalados em uma instituição de ensino. As imagens foram obtidas no site da empresa.

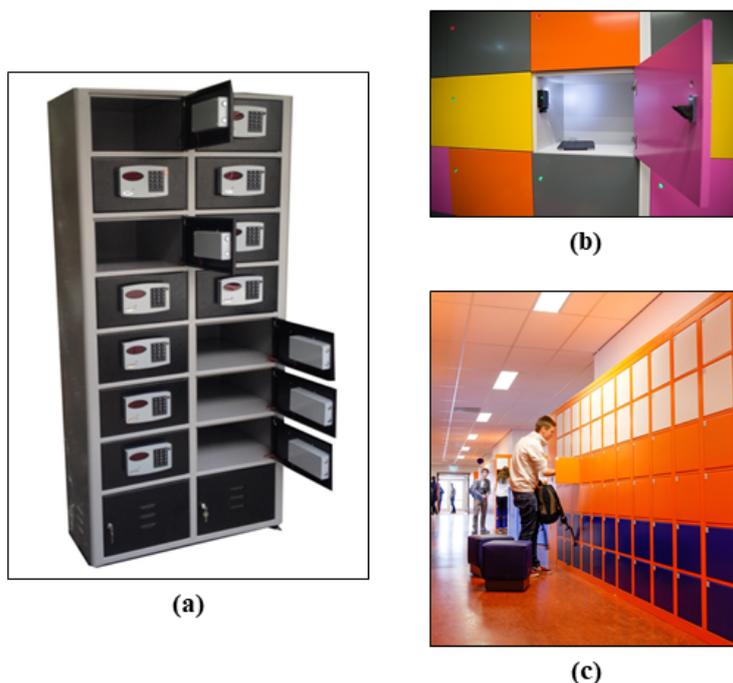


Figura 3. Exemplos de armários com fechaduras eletrônicas existentes no mercado

Além de soluções já estabelecidas no mercado, há projetos experimentais, utilizando plataformas de *hardware* e *software* livres, que utilizam leitor e cartão RFID, *Bluetooth* e NFC, mas sem aplicação em escala comercial.

2.2. Atributos considerados

No desenvolvimento deste projeto foram considerados quatro atributos como sendo os principais diferenciais do sistema proposto, em relação às tecnologias utilizadas atualmente: segurança; controle sobre usuários; complexidade para multiusuários e gerenciamento em rede. Cada atributo é explicado a seguir:

Segurança: Mecanismo físico que impede acesso ao compartimento de armazenamento.

É avaliado se a tecnologia possui ou não algum mecanismo;

Identificação do usuário: Existência de controle do acesso de usuário específico (identificação) ao compartimento de armazenamento. É avaliado se a tecnologia permite a identificação do usuário que está abrindo o compartimento. Para sistemas com senha, o acesso é atribuído para quem criou a senha;

Gerenciamento em rede: Possibilidade de gerenciar todas as fechaduras à partir de um terminal ou dispositivo conectado. É avaliado se a tecnologia permite ou não esse gerenciamento: inclusão e/ou exclusão de usuários, alteração de forma de acesso, etc.

Custo de implementação: É avaliado o custo médio para implementação do sistema para controlar uma porta de acesso.

A tabela a seguir mostra o comparativo dos atributos considerados entre os sistemas existentes no mercado. Os valores informados foram obtidos em lojas virtuais, apenas para fins comparativos. O custo de implementação é por porta controlada, não considerando o uso de outros equipamentos, como por exemplo computador. [Filipeflop 2020] [LeroyMerlin 2020]

Tabela 1. Comparativo de atributos entre sistemas existentes para travamento e destravamento de armários

Sistemas	Segurança	Identificação do usuário	Gerenciamento em rede	Custo de implementação
Fechadura com chave	Sim	Não	Não	R\$ 30,00
Fechadura eletrônica (senha ou biometria)	Sim	Sim	Sim	R\$ 700,00
Fechadura eletrônica (RFID, NFC, Bluetooth)	Sim	Sim	Não	R\$ 1.100,00
Prateleiras sem porta	Não	Não	Não	R\$ 0,00

3. Cenário

O problema do gerenciamento de armazenamento de materiais e equipamentos é uma realidade do POALAB, um Fab Lab localizado campus Porto Alegre do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). Este problema é enfrentado tanto por quem administra o espaço, como também por seus usuários.

Neste Fab Lab, são realizados projetos diversos, dos tipos síncronos e assíncronos, tanto por pessoas da comunidade acadêmica do IFRS, como por pessoas de fora da instituição, visto que uma vez por semana o espaço é aberto ao público em geral - o chamado *Open Day*. Além disso, são ministradas oficinas e aulas neste espaço.

A existência de cartazes informativos sobre questões de organização e limpeza do espaço, bem como a delimitação de áreas para guarda de materiais e equipamentos, nem sempre são respeitados.

Em 2018 o POALAB teve que ser transferido para outra área do campus, tornando a organização do espaço ainda mais difícil, visto que o espaço ocupado está localizado em uma área de circulação do campus.

A figura 4 (a) mostra uma visão geral do antigo espaço do POALAB, enquanto as figura 4 (b) e (c) mostram as áreas onde eram armazenados materiais e equipamentos. Já figura 5 (a) mostra uma visão geral do novo espaço ocupado pelo POALAB, enquanto as figura 5 (b) e (c) mostram as áreas onde são armazenados materiais e equipamentos. Todas as imagens foram tiradas no POALAB, mediante autorização do responsável pelo local.



(a)

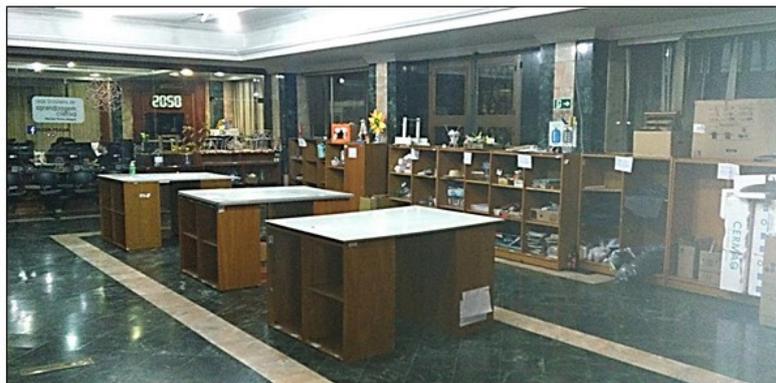


(b)



(c)

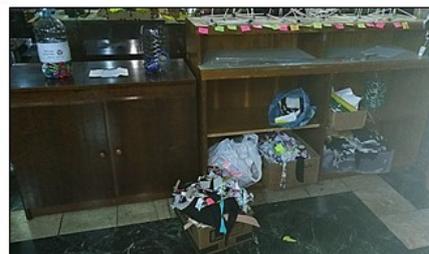
Figura 4. Instalações antigas do POALAB IFRS - Porto Alegre/RS



(a)



(b)



(c)

Figura 5. Instalações atuais do POALAB IFRS - Porto Alegre/RS

4. Solução Proposta

Este trabalho objetiva desenvolver um sistema para gerenciamento de armários conectados, denominado FabLocker, a ser instalado no POALAB. Os armários possuirão controle de abertura e fechamento, através de senha, que permitirá seu gerenciamento em rede e fácil vinculação ou desvinculação de projetos.

Cada armário será ocupado com materiais e equipamentos de um projeto único, podendo o mesmo projeto ocupar mais de um armário. Cada projeto terá um código de acesso, gerenciado pelo seu Participante Líder. Este código poderá ser modificado a qualquer tempo pelo Líder.

Da mesma forma, futuramente os equipamentos existentes no POALAB também poderão ser acondicionados em armários conectados específicos, permitindo o uso para participantes vinculados a projetos que demandem o uso destes equipamentos. A própria porta de acesso ao POALAB poderá ser dotada do mesmo tipo de *hardware* para travamento e destravamento, permitindo acesso ao mesmo somente para usuários previamente cadastrados no sistema, sem a necessidade de uso de chave, tornando mais seguro, fácil e flexível o gerenciamento do acesso ao espaço.

5. Metodologia

O desenvolvimento do projeto foi dividido em duas partes: *hardware* e *software*. Inicialmente serão abordados todos os aspectos referentes ao *hardware* utilizado e posteriormente serão abordados aspectos de *software*.

O protótipo do armário foi feito à partir de uma caixa de papel kraft, possui uma porta de acesso e armazena todo *hardware* utilizado.

A inteligência de controle do protótipo é feita por microcontroladores Arduíno. Arduíno é uma plataforma eletrônica de código aberto, baseada em *software* e *hardware* fáceis de usar [Arduino 2020]. Uma placa Arduíno é capaz de ler comandos em suas entradas e ativar saídas conforme o programa desenvolvido, além de realizar comunicação com outros dispositivos, conforme disponibilidade de *hardware*.

Para montagem do protótipo foram utilizados os seguintes equipamentos disponíveis durante a elaboração do projeto:

Microcontrolador NodeMCU ESP8266: Microcontrolador com entradas e saídas digitais integradas, comunicação serial e capacidade de conexão sem fio. Este microcontrolador pode ser programado com o mesmo ambiente de programação de microcontroladores Arduíno. No projeto, por sua limitação no número de entradas e saídas disponíveis, a função deste equipamento é fazer a comunicação com o serviço que hospeda o banco de dados e transmitir a informação para o microcontrolador onde está armazenada a lógica de controle da porta do armário. É possível substituí-lo por outro microcontrolador que possua as entradas e saídas necessárias e capacidade de conexão sem fio ou Ethernet;

Microcontrolador Arduíno MEGA 2530: Microcontrolador com entradas e saídas digitais integradas e comunicação serial. No projeto, a função deste equipamento é fazer todo controle do funcionamento do armário, através dos periféricos instalados. Através de comunicação serial, o equipamento recebe e armazena o código

para destravar a porta do armário. Nesta aplicação são utilizadas oito entradas digitais para conexão do teclado, uma saída digital para acionamento do relé que comanda a trava da porta, uma saída digital para acionamento do relé que aciona os LEDs de status da porta e seis saídas digitais para acionamento do *display* de interface. Caso seja utilizado um *display* com capacidade de comunicação através do protocolo serial I2C, basta utilizar duas saídas digitais para fazer a conexão;

Trava solenóide 12 Vcc: Equipamento utilizado para manter a porta do armário travada.

O estado desta trava é normalmente fechado e sua abertura é feita através de um pulso elétrico de 12 Vcc. No protótipo foi utilizado um banco de baterias para fornecer a tensão necessária para seu acionamento;

Relés 5Vcc: Foram utilizados dois relés, cada um com um contato normalmente aberto (NO) e um contato normalmente fechado (NC). Estes relés são alimentados em 5 Vcc. Porém, o acionamento das bobinas que fazem a abertura e fechamentos dos contatos é feito em 0 Vcc. Dessa maneira, no programa de controle do microcontrolador Arduino Mega, as saídas que acionam estes relés devem ser configuradas para acionar em nível *LOW*. Um relé é utilizado para acionar a trava solenóide (contato NO) e o outro relé é utilizado para acionar os LEDs de sinalização do estado da porta: contato aberto aciona o LED verde (porta destravada) e contato fechado aciona o LED vermelho (porta travada);

LEDs de sinalização: LED, é uma sigla em inglês que significa diodo emissor de luz. Foram utilizados dois LEDs: um verde para indicar que a porta está destravada e um vermelho para indicar que a porta está travada. Como a tensão de alimentação dos LEDs é inferior a tensão de saída do microcontrolador, foi necessário utilizar um resistor de 220 Ω , ligado em série com o lado positivo do LED (ânodo), que por sua vez é ligado a saída do microcontrolador. O lado negativo do LED (cátodo) é ligado à tensão 0 Vcc (GND);

Teclados: Foi utilizado um teclado matricial 4x4, tipo membrana para informar o código de desbloqueio da porta;

Display LCD: Foi utilizado um *display* de cristal líquido (LCD) com duas linhas e dezesseis caracteres por linha (16x2), para informar mensagens de interação com o usuário. Para reduzir a quantidade de entradas e saídas utilizadas pelo microcontrolador, pode ser utilizado um adaptador para comunicação serial I2C ou um *display* LCD com conexão I2C;

Fonte de alimentação: Foi utilizada uma fonte de 5 Vcc para alimentar os equipamentos;

Resistores: Foram utilizados dois resistores de 220 Ω , uma para acionar cada LED. Como o microcontrolador NodeMCU funciona com a tensão de 3,3 Vcc e o microcontrolador Arduino Mega funciona com a tensão de 5 Vcc, foi necessário fazer um divisor de tensão para realizar a conexão serial entre os equipamentos. Para o divisor de tensão foram utilizados três resistores de 1.000 Ω (1K), sendo dois ligados em série entre o pino RX do NodeMCU e a tensão 0 Vcc e um ligado em série, entre o pino RX do NodeMCU e o pino TX1 do Arduino Mega. Para completar a conexão serial, os pinos TX do NodeMCU e RX1 do Arduino Mega são conectados diretamente;

Placa protoboard e fios: Para conexão entre os diversos equipamentos foi utilizada uma placa protoboard e fios diversos.

A comunicação entre o banco de dados e o *hardware* do armário é feita por um

microcontrolador NodeMCU ESP8266, com conexão sem fio à Internet. Este microcontrolador faz requisições http, através do método GET para o serviço que hospeda o banco de dados e recebe a informação solicitada (código de desbloqueio do armário). A lógica de controle do protótipo é feita por um microcontrolador Arduino Mega 2530, o qual comanda todos os periféricos do sistema (teclado, monitor, fechadura e sinalizadores). A comunicação entre o NodeMCU e o Arduino Mega é feita através de conexão serial. Já a conexão entre o Arduino Mega e os periféricos é feita através de entradas e saídas do microcontrolador.

Considerando os modelos de soluções apresentados na tabela 1 percebe-se que todos os sistemas que utilizam algum tipo de tecnologia partem da utilização de uma fechadura eletrônica. Na presente proposta, é utilizada uma fechadura com acionamento elétrico para fazer o travamento da porta. O conjunto formado por *hardware* e *software* é quem garantirá a segurança do acesso ao interior do armário.

O modelo de fechadura utilizada possui travamento e destravamento feito por válvula solenóide, acionada por pulso elétrico de 12 Vcc. Em estado normal, a fechadura está sempre fechada, sendo necessário o pulso elétrico para destravá-la. Assim, em caso de falta de energia elétrica no sistema, a porta do armário permanecerá travada. Para contornar essa situação, uma bateria que garanta o funcionamento do microcontrolador deve ser utilizada na instalação definitiva. A figura 6 (a) mostra a parte interna do protótipo, com todos os componentes montados, a figura 6 (b) mostra a lateral direita do protótipo, onde está instalado o teclado para informar o código de abertura, a figura 6 (c) mostra o display onde são exibidas as mensagens de interface do protótipo, bem como os LEDs sinalizadores do status da porta, onde o LED verde aceso significa porta aberta e o LED vermelho aceso significa porta fechada. A figura 6 (d) mostra o detalhe da fechadura utilizada no protótipo.

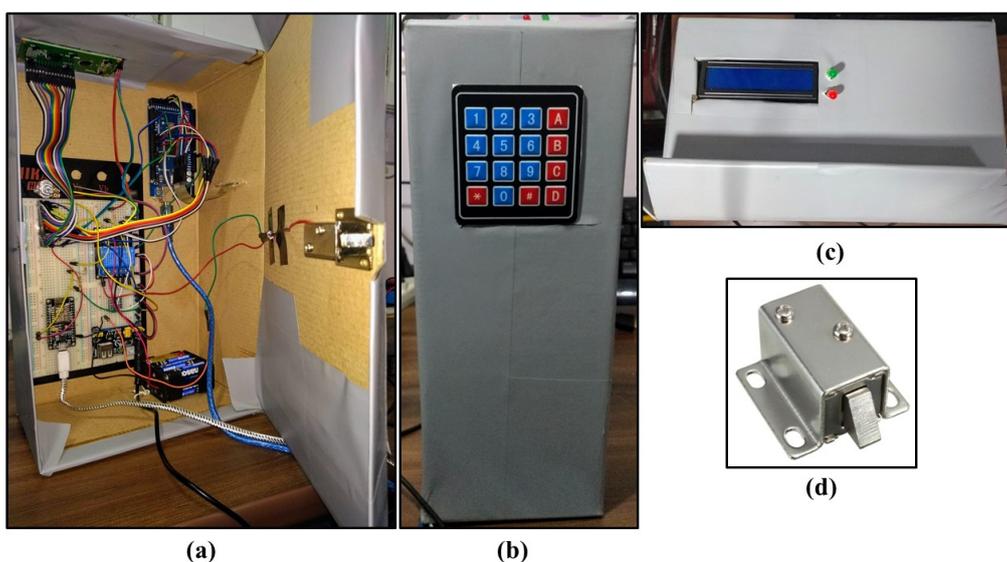


Figura 6. Protótipo do armário conectado

Sobre o *software*, uma aplicação WEB fará o gerenciamento do armário, projetos e usuários. Quando da instalação definitiva do sistema, um computador do POALAB será

utilizado como servidor, para instalação da aplicação WEB.

O banco de dados escolhido para ser utilizado no sistema é do tipo não relacional (NoSQL), onde ao invés de se ter tabelas para armazenar as entidades e relacionamentos do sistemas, temos documentos representando as entidades e coleções representando os diversos documentos que compõe o banco de dados. A escolha por esse tipo de banco de dados se deu pela fácil integração entre o banco de dados utilizado e o microcontrolador NodeMCU, através de biblioteca dedicada para conexão e manipulação do banco de dados, utilizada no programa do NodeMCU. Em aplicações utilizando microcontroladores Arduíno e banco de dados, o mais comum é que o microcontrolador apenas escreva dados no banco. Como nessa aplicação existe a necessidade de dados do banco serem escritos no microcontrolador, esta solução foi a mais adequada pela facilidade de implementação, visto que já existem bibliotecas desenvolvidas para esse fim.

A figura 7 mostra um comparativo entre a estrutura de um banco de dados SQL e um banco de dados NoSQL.

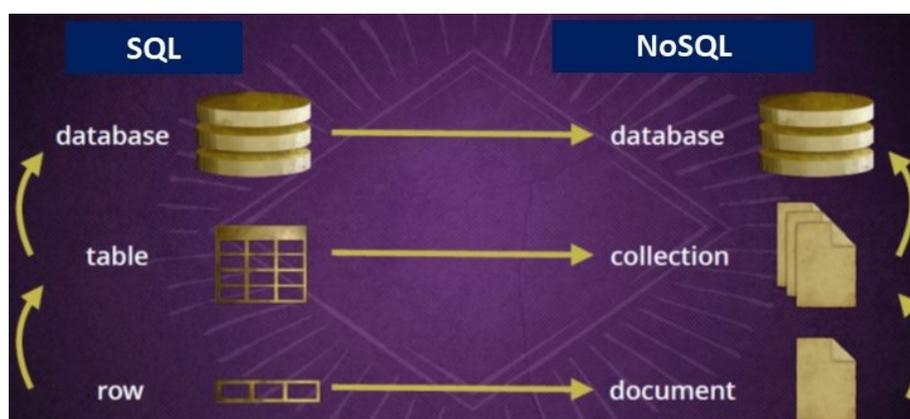


Figura 7. Comparativo entre as estruturas de banco de dados

Esse banco de dados faz parte e é hospedado no serviço Firebase [Google 2020a], desenvolvido e mantido pela empresa Google. O Firebase é um conjunto de aplicações *back-end*, cuja utilização sem custos pode ser feita utilizando o plano *Spark*. Para sua utilização, basta ter uma conta de acesso aos serviços da empresa.

A autenticação dos usuários no sistema também será gerenciada pelo Firebase, através do serviço Firebase Auth [Google 2020b], o qual deve ser implementado no *front-end*.

O *front-end* da aplicação foi desenvolvido utilizando o *framework* gratuito .Net, o qual utiliza a linguagem de programação C# e é desenvolvido e fornecido pela empresa Microsoft. Para o desenvolvimento do *front-end* também foi utilizada a linguagem de marcação HTML, a linguagem de programação Javascript e recursos de folha de estilo CSS.

A estrutura da aplicação foi feita utilizando o padrão MVC (*Model, View, Controller*). De maneira simplificada, o padrão MVC é composto por três camadas que se relacionam entre si de forma não linear: uma camada de lógica, onde cada objeto da aplicação é representado por uma classe, com seus métodos e regras de negócio (*Model*);

uma camada de visualização - representada por todas as partes do sistema que são acessíveis pelo usuário (*View*); e uma camada de controle - a qual controla e mapeia as ações realizadas pela aplicação (*Controller*) [Macoratti 2020].

A aplicação é composta por uma área de cadastro, uma área de *login*, página de cadastro de projetos, página de visualização de projetos cadastrados, página de edição de projeto, página de cadastro de armários, página de visualização de armários cadastrados e página de edição de armários. Existe também uma página início, com informações sobre a aplicação.

Após o cadastro de um novo usuário no sistema, e conforme implementado na aplicação, um e-mail de validação do cadastro é enviado para o novo usuário. Somente após essa validação o usuário consegue se conectar no sistema.

Para reprodução desta aplicação envolvendo um sistema WEB e o protótipo, poderá ser utilizado qualquer linguagem de programação, *frameworks* e tipo de banco de dados, desde que, uma vez utilizado um ou mais microcontroladores Arduino, seja possível escrever dados no microcontrolador, à partir da aplicação desenvolvida.

Para testar e validar a aplicação e o protótipo, deve ser cadastrado o armário protótipo no sistema, bem como usuários e um projeto, o qual será vinculado ao armário. Uma vez cadastrado o código que destrava o armário, no sistema, este código deve ser enviado para o microcontrolador NodeMCU e posteriormente para o microcontrolador Arduino Mega. Somente usuários que tiverem o código de acesso do projeto deverão ser capazes de abrir o armário, inserindo esse código no protótipo, através de teclado numérico instalado no armário. Assim, serão validados os quatro atributos tidos como os principais diferenciais do sistema: segurança; controle sobre usuários; gerenciamento em rede e custo.

A figura 8 mostra a arquitetura simplificada do sistema, mostrando a interação entre as entidades do sistema: comunicação entre o servidor, os serviços Firebase (banco de dados e autenticação), os microcontroladores e o armário.

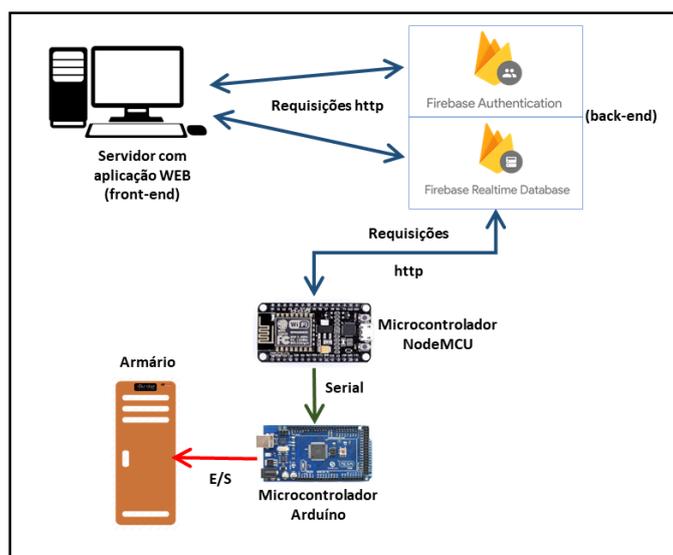


Figura 8. Arquitetura simplificada do sistema

A tabela a seguir mostra o comparativo entre as soluções existentes no mercado e o sistema proposto.

Tabela 2. Comparativo de atributos e custos entre sistemas existentes e o sistema proposto

Sistemas	Segurança	Controle sobre usuários	Gerenciamento em rede	Custo aproximado
Fechadura com chave	Sim	Não	Não	R\$ 30,00 / porta
Fechadura eletrônica (senha ou biometria)	Sim	Sim	Sim	R\$ 700,00 / porta
Fechadura eletrônica (RFID, NFC, Bluetooth)	Sim	Sim	Não	R\$ 1.100,00 / porta
Prateleiras sem porta	Não	Não	Não	sem custo para fechadura
Sistema proposto	Sim	Sim	Sim	R\$ 250,00 (até 8 portas)

6. Conclusões

À partir dos estudos e pesquisas realizadas para elaborar o projeto, percebe-se que a implementação de um sistema para finalidade proposta é viável, bem como a construção de um protótipo do armário conectado, utilizando plataformas de *hardware* e *software* livres, com um custo menor do que as soluções encontradas no mercado, conforme mostrado na tabela 2.

É esperado que o Sistema seja aceito e utilizado pela comunidade que utiliza o POALAB, à partir da implementação do protótipo, criando a necessidade da instalação de mais armários e, inclusive, a utilização do sistema em outros ambientes do Campus Porto Alegre do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Como este projeto será cadastrado e disponibilizado na página do POALAB, também é esperado que o mesmo seja reproduzido em outros Fab Labs.

À partir dos conceitos utilizados na elaboração deste projeto, outras aplicações podem ser feitas futuramente, como:

Armários para locação: Armários instalados em locais de grande circulação, para uso como guarda-volumes e locação através de aplicativo *mobile*;

Armários para entrega: Armários instalados na portaria de edifícios residenciais e/ou comerciais, com um porta externa (aberta pelo entregador) e uma porta interna (aberta pelo dono do armário). Opcionalmente poderá ser instalado dispositivo de esterilização no interior do armário, como uma lâmpada UV, por exemplo.

Referências

- Arduino (2020). Arduino - Introduction. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Online; acessado 10-Setembro-2020].
- Brasil, C. C. (2020a). O que é Coworking? <https://coworkingbrasil.org/censo/2018/>. [Online; acessado 08-Setembro-2020].
- Brasil, R. F. L. (2020b). O que é um Fab Lab. http://redefablabbrasil.org/?page_id=60/. [Online; acessado 08-Setembro-2020].

- Brasil, R. J. (2020c). Perguntas Frequentes. <https://www.rfidjournal.com/frequently-asked-questions>. [Online; cessado 09-Setembro-2020].
- FabLab.IO (2020). O que é um Fab Lab? <https://www.fablabs.io/labs>. [Online; acessado 08-Setembro-2020].
- Filipeflop (2020). Custo Arduino. <https://www.filipeflop.com/categoria/arduino/>. [Online; acessado 06-Outubro-2020].
- Foertsch, C. (2020). What Is Coworking And Its Cultural Background? <http://www.deskmag.com/en/what-is-coworking-about-the-changing-labor-market-208/>. [Online; acessado 10-Setembro-2020].
- for Bits, M. C. and Atoms (2020). About CBA. <http://cba.mit.edu/about/index.html>. [Online; acessado 10-Setembro-2020].
- Google (2020a). Firebase. <https://firebase.google.com/>. [Online; acessado 13-Outubro-2020].
- Google (2020b). Firebase. <https://firebase.google.com/products/auth/>. [Online; acessado 13-Outubro-2020].
- Hackerspace, T. (2020). Tampa Hackerspace. <https://tampahackerspace.com/>. [Online; acessado 10-Setembro-2020].
- Jeevan, D. (2020). FABLAB KERALA. <https://www.fablabs.io/labs/fablabcochin>. [Online; acessado 10-Setembro-2020].
- LeroyMerlin (2020). Fechaduras Eletrônicas. <https://www.leroymerlin.com.br/fechaduras-eletricas>. [Online; acessado 30-Setembro-2020].
- Macoratti, J. C. (2020). Macoratti. http://www.macoratti.net/vbn_mvc.htm. [Online; acessado 13-Novembro-2020].
- NFC.org (2020). What is NFC? <http://nearfieldcommunication.org/about-nfc.html>. [Online; acessado 09-Setembro-2020].
- para TI, S. S. (2020). Armário 14 portas eletrônico. <https://www.s4t.com.br/armario-guarda-volumes-eletronico>. [Online; acessado 10-Outubro-2020].
- SIG, B. (2020). How it works. <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>. [Online; cessado 09-Setembro-2020].
- Vecos (2020). Vecos Locker System. <https://www.vecos.com/en/markets/locker-rooms>. [Online; acessado 10-Outubro-2020].