



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MATEUS DA SILVA FERNANDES

**SISTEMA DE AUTODEVOLUÇÃO DE LIVROS UTILIZANDO
TECNOLOGIA RFID**

Uberlândia
2023

MATEUS DA SILVA FERNANDES

**SISTEMA DE AUTODEVOLUÇÃO DE LIVROS UTILIZANDO
TECNOLOGIA RFID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cláudio Paschoarelli Veiga

Uberlândia

2023

MATEUS DA SILVA FERNANDES

**SISTEMA DE AUTODEVOLUÇÃO DE LIVROS UTILIZANDO
TECNOLOGIA RFID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cláudio Paschoarelli Veiga

Uberlândia, data

Banca Examinadora

Orientador- Prof. Dr. Antônio Cláudio Paschoarelli Veiga – UFU

Examinador – Prof. Dr. Alexandre Coutinho Mateus – UFU

Examinador- M.Sc. Evandro Monteiro Jorge Júnior – UFU

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família por ter me dado amor, carinho e força, em especial agradeço aos meus pais, Célio e Vanessa que me incentivaram desde os primórdios desta etapa em minha vida.

Aos meus amigos Gabriel Machado por me apoiar e ajudar no desenvolvimento do hardware utilizado no sistema, e ao Heitor por apoio moral.

Ao PET Telecomunicações por sempre ter me disponibilizado o espaço e o notebook para os testes do projeto.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Cláudio Paschoarelli Veiga pelo seu empenho e dedicação no acompanhamento na elaboração deste trabalho.

Ao Evandro Mestre em engenharia elétrica e bibliotecário do campus Santa Mônica, por sempre ter colaborado com ideias e sugestões para o refinamento deste trabalho.

RESUMO

Com a popularização da tecnologia RFID(identificação por Radiofrequência), tornou-se uma tendência em utilizar a mesma em bibliotecas, a fim de substituir e agilizar o gerenciamento tradicional. Com esta tecnologia a rotina das atividades de empréstimo de livros nas bibliotecas se torna muito mais rápida, assim como o inventário, já que a tecnologia possibilita o uso de equipamentos para autoatendimento e inventários periódicos automáticos. A biblioteca do campus Santa Mônica já utiliza a tecnologia RFID, porém com o danificamento do sistema de autodevolução há alguns meses, o sistema tem evadido em seu funcionamento. Neste trabalho, foi desenvolvido um protótipo de um novo sistema de autodevolução de livros para a biblioteca do campus Santa Mônica utilizando sensores RFID com a finalidade de apresentar uma solução para o problema e com um baixo custo.

Palavras-chave: Tecnologia RFID, Bibliotecas, protótipo, baixo custo

ABSTRACT

With the popularization of RFID (Radio Frequency Identification) technology, it has become a trend to use it in libraries to replace and streamline traditional management. With this technology, the routine of book borrowing activities in libraries becomes much faster, as well as inventory management, as the technology enables the use of self-service equipment and automatic periodic inventories. The Santa Mônica campus library already uses RFID technology, but with the malfunctioning of the self-return system a few months ago, the system has been experiencing issues. In this work, a prototype of a new book self-return system was developed for the Santa Mônica campus library using RFID sensors, aiming to provide a solution to the problem at a low cost.

Keywords: RFID technology, Libraries, prototype, low cost

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

Figura 1:	Etiqueta RFID, colada na contra capa do livro.	11
Figura 2:	Equipamentos de auto empréstimo(a) e autodevolução(b).	12
Figura 3:	Máquina de autodevolução externa.	12
Figura 4:	Máquina de autodevolução externa quebrada.	13
Figura 5:	principais componentes de todo sistema RFID.	15
Figura 6:	Tags com diferentes tipos de encapsulamento podem ser encontra- das.	16
Figura 7:	Leitor RFID produzido pela Mifare.	17
Figura 8:	Antena RFID produzida pela Via Onda.	17
Figura 9:	Etiquetas RFID de 13,56 MHz.	19
Figura 10:	Etiqueta ativa (a) frente e (b) verso	20
Figura 11:	Componentes de uma Tag RFID passiva	23
Figura 12:	Formas comuns de antenas RFID	24
Figura 13:	Alocação dos diferentes princípios operacionais dos sistemas RFID.	26
Figura 14:	Princípio de funcionamento do procedimento de radiofrequência EAS.	27
Figura 15:	Ocorrência de uma 'queda' de impedância na bobina do gerador na frequência de ressonância do elemento de segurança.	28
Figura 16:	Circuito básico e formato típico de construção de uma etiqueta de microondas.	29
Figura 17:	Etiqueta de microondas na zona de interrogação de um detector.	30
Figura 18:	Diagrama básico do procedimento de divisão de frequência EAS: etiqueta de segurança e detector.	30
Figura 19:	Etiquetas eletromagnéticas fabricadas pela 3M.	32
Figura 20:	Sistema acústico-magnético composto por transmissor e disposi- tivo de detecção.	33
Figura 21:	Representação de sistemas full-duplex, half-duplex e sequenciais ao longo do tempo.	34
Figura 22:	Alimentação de um transponder acoplado indutivamente a partir da energia do campo magnético alternado gerado pelo leitor.	35

Figura 23:	A modulação de carga cria duas bandas laterais a uma distância da frequência da subportadora fS em torno da frequência de transmissão do leitor.	36
Figura 24:	Princípio de funcionamento de um transponder de retroespalhamento. A impedância do chip é 'modulada' pela comutação do FET do chip.	37
Figura 25:	Etiqueta de acoplamento próximo em leitor de inserção com bobinas de acoplamento magnético.	38
Figura 26:	Um sistema eletricamente acoplado utiliza campos elétricos (eletrostáticos) para a transmissão de energia e dados.	39
Figura 27:	Diagrama de circuito equivalente de um sistema RFID eletricamente acoplado.	40
Figura 28:	Caminho de tensão do capacitor de carga de um transponder SEQ acoplado indutivamente durante a operação	41
Figura 29:	Diagrama de blocos de uma etiqueta RFID sequencial usando acoplamento indutivo.	42
Figura 30:	interface de empréstimo(a) interface de devolução(b).	46
Figura 31:	Etiqueta contendo o número do SISBI/UFU.	48
Figura 32:	Diagrama sobre o funcionamento do simplificado do sistema RFID.	49
Figura 33:	Sensor RFID PN5180.	49
Figura 34:	Arduino Mega 2560.	50
Figura 35:	Leitura do número do SISBI/UFU gravado na tag presente em um livro.	51
Figura 36:	Interface do hardware utilizado para leitura de tags RFID.	51
Figura 37:	Prótipo de leitor de tags RFID.	52
Figura 38:	Dados de livros presentes no acervo da biblioteca campus Educação Física	53
Figura 39:	Interface Do MySQL, MySQL Workbench	54
Figura 40:	Tabela com os dados referente a livros do acervo, MySQL Workbench	55
Figura 41:	Pesquisa realizada no MySQL Workbench, utilizando o Tombo	55
Figura 42:	Interface do editor da Unity	57
Figura 43:	conexão local, interface Workbench MySQL	57
Figura 44:	Interface de empréstimo, cadastro de usuários	58
Figura 45:	Cadastro dos alunos no sistema.	59
Figura 46:	Senha criptografada pelo banco de dados	60
Figura 47:	Parâmetros de entrada/saída AES	60

Figura 48:	Diagrama de blocos de criptografia AES	62
Figura 49:	Função de rodada AES para rodadas $1, 2, \dots, n_r - 1$	63
Figura 50:	Exemplificação dos critérios do formulário de cadastro de alunos. . .	64
Figura 51:	campo de empréstimo de livros da interface.	65
Figura 52:	Portas COM disponíveis para conexão com Arduino.	66
Figura 53:	Terminal de estado do software.	66
Figura 54:	interface do hardware - estado de conexão(conectado).	67
Figura 55:	interface da aba empréstimo do software - estado de conexão. . . .	67
Figura 56:	interface da aba empréstimo do software - leitura do Tombo.	68
Figura 57:	Usuário digita a matrícula e senha de login.	69
Figura 58:	Inserindo dados do usuário na Tabela "livros"no banco de dados. . .	70
Figura 59:	Registro do histórico de empréstimo.	70
Figura 60:	Recibo de empréstimo enviado por email.	71
Figura 61:	Interface reage ao identificar um livro já emprestado.	71
Figura 62:	Caso de uso do procedimento realizado durante o empréstimo. . .	72
Figura 63:	Exemplo de pesquisa de alunos registrados no sistema.	73
Figura 64:	Exemplo de pesquisa de livros registrados no sistema.	74
Figura 65:	Interface de devolução.	75
Figura 66:	Interface durante o processo de devolução.	76
Figura 67:	Número de chamada dos livros presente no banco de dados	76
Figura 68:	Histórico de devolução	78
Figura 69:	Recibo de devolução	78
Figura 70:	Executáveis da interface de empréstimo e de devolução do protótipo	79
Figura 71:	Antena do sensor RFID PN5180	79
Figura 72:	Antena do sensor RFID PN5180	80
Figura 73:	Esquemático do teste de distância alcançada pelo leitor.	81

LISTA DE TABELAS

Lista de Tabelas

Tabela 1:	Frequências RFID	20
Tabela 2:	Comparação de tecnologia RFID	24
Tabela 3:	Classificação decimal SISBI/UFU	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

RFID	Radio Frequency Identification
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
FDX	Full-duplex
HDX	Half-duplex
SEQ	Sistemas sequenciais
SISBI/UFU	Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Uberlândia
IDE	Integrated Development Environment
AES	Advanced Encryption Standard
ISM	Industrial Scientific and Medical

SUMÁRIO

Conteúdo

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Considerações iniciais	10
1.2	Sistema RFID nas bibliotecas da UFU	11
1.3	Objetivo do trabalho	13
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Tecnologia RFID	14
2.2	Estruturas e componentes de um sistema RFID	14
2.2.1	Etiquetas (tags)	15
2.2.2	Leitores (ou Scanners) e antenas	16
2.2.3	Unidade de controle	17
2.3	Características técnicas das etiquetas RFID	18
2.3.1	Fontes de alimentação de tags RFID	18
2.3.2	Frequências de operação RFID	20
2.3.3	Capacidade de escrita	21
2.3.4	Componentes das tags RFID	22
2.4	Princípios fundamentais de operação dos sistemas RFID	25
2.5	Sistemas RFID de 1-bit	26
2.5.1	Sistemas RFID de 1-bit por Radiofrequência	27
2.5.2	Sistemas RFID de 1-bit por Microondas	29
2.5.3	Sistemas RFID de 1-bit por Divisão da Frequência	30
2.5.4	Sistema RFID de 1-bit por efeito Eletromagnético	31
2.5.5	Sistema RFID de 1-bit por efeito Acústico-Magnético	32
2.6	Sistemas RFID de n-bits (Full-Duplex e Half-Duplex)	33
2.6.1	Sistema RFID de n-bits por Acoplamento Indutivo	35
2.6.2	Sistema RFID de n-bits por Acoplamento de Retroespalhamento Eletromagnético	36
2.6.3	Sistema RFID de n-bits por Acoplamento Fechado	37
2.6.4	Sistema RFID de n-bits por Acoplamento Elétrico	38
2.7	Sistemas RFID de n-bits (Sequenciais)	40

2.7.1	Sistema RFID Sequenciais por Acoplamento Indutivo	40
3	PADRONIZAÇÃO E ORGANIZAÇÕES REGULAMENTADORAS	42
3.1	Organização Internacional para Padronização (ISO)	42
3.2	EPCglobal	43
3.3	Padrões ISO e RFID	43
3.3.1	Outras normas de padronização internacionalmente utilizadas . . .	44
4	CONTEXTUALIZAÇÃO DO SISTEMA RFID UTILIZADO NAS BIBLIOTECAS DA UFU	45
4.1	Software de administração do acervo da biblioteca	45
4.2	Estrutura utilizada no sistema de empréstimo	46
4.3	Estrutura utilizada no sistema de autodevolução	46
5	DESENVOLVIMENTO	47
5.1	Arquitetura do sistema de empréstimo e autodevolução	47
5.2	Detalhes da Implementação	49
5.2.1	Leitura da tag RFID de livros presentes no acervo da biblioteca . . .	49
5.2.2	Banco de dados	53
5.2.3	Desenvolvimento do software de integração	56
6	RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DE TESTES REALIZADOS COM O PRO-TÓTIPO	79
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	82
7.1	Trabalhos futuros	82
7.2	Disposições finais	82
8	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

RFID (Radio Frequency Identification) é um sistema de tecnologia que utiliza comunicação sem fio para identificar, rastrear e gerenciar objetos, animais ou até mesmo pessoas. Esse sistema consiste em duas partes principais: etiquetas RFID e leitores RFID.

As etiquetas RFID, também conhecidas como tags ou transponders, são dispositivos pequenos que contêm uma antena e um chip. O chip armazena e processa informações, enquanto a antena permite a comunicação sem fio com os leitores RFID. Os leitores RFID, também chamados de interrogadores, são dispositivos que emitem sinais de rádio e recebem respostas das etiquetas RFID. Eles são responsáveis por ler as informações das etiquetas e podem ser fixos ou portáteis, dependendo da aplicação.

Atualmente, a tecnologia de identificação por Radiofrequência (RFID) tornou-se de grande relevância em diversas áreas, e sua aplicação em bibliotecas universitárias mostrou-se uma solução de grande eficiência para o gerenciamento do acervo e na otimização dos processos de empréstimos e devolução de materiais.

Os sistemas RFID nas bibliotecas utilizam etiquetas eletrônicas compostas por um chip e uma antena, e leitores de radiofrequência para identificar e rastrear os objetos de forma automática e sem contato físico. Com a utilização destes leitores RFID, os processos de empréstimo e devolução de materiais permitem que o fluxo de trabalho seja agilizado, pois o sistema permite que os usuários realizem essas operações de forma autônoma, reduzindo assim a necessidade de intervenção de bibliotecários. Isso resulta em uma experiência mais conveniente e rápida para os usuários, bem como em uma otimização dos recursos humanos disponíveis.

Outra vantagem é que o sistema RFID possibilita o monitoramento do movimento dos materiais na biblioteca, possibilitando assim um maior controle de seu inventário, com isso a biblioteca pode facilmente identificar extravios e possíveis problemas no gerenciamento de seu acervo. Além disso, a tecnologia RFID também possibilita o rastreamento do histórico de empréstimos, e realizar o levantamento de quais itens estão em circulação e quais estão disponíveis nas estantes.

Entretanto, vale ressaltar que o custo inicial para a implementação da tecnologia RFID em uma biblioteca pode ser significativo. Isso inclui a aquisição de etiquetas RFID, leitores RFID, antenas, softwares de gerenciamento e possivelmente a integração do sistema com outros sistemas já existentes na biblioteca. Também há a necessidade de realizar manutenções no sistema de tempos em tempos, como a substituição de etiquetas, pois

etiquetas RFID têm vida útil limitada, a manutenção preventiva dos leitores RFID, para garantir um bom funcionamento do sistema, e treinamento da equipe de funcionários da biblioteca para utilizar de forma efetiva o sistema RFID e lidar com tarefas de manutenção básica.

1.2 Sistema RFID nas bibliotecas da UFU

As bibliotecas dos campus Santa Mônica, Umuarama e Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia(UFU) apresentam um sistema RFID em suas instalações. A biblioteca do campus Santa Mônica conta com um sistema autônomo de empréstimo e devolução de materiais, utilizando etiquetas RFID coladas normalmente no verso da contracapa como mostra a figura 1, essas etiquetas são como adesivos e possuem um microchip e uma antena embutida.

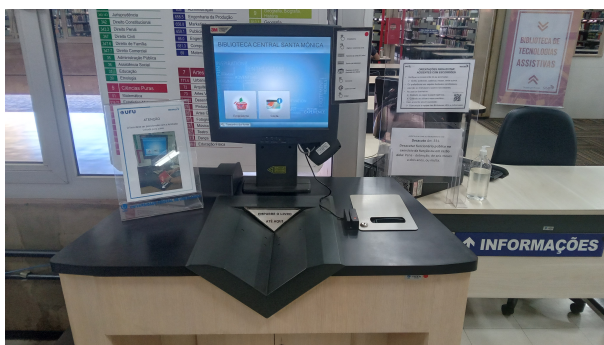
Figura 1: Etiqueta RFID, colada na contra capa do livro.



Fonte: Autor.

O sistema também conta com sensores RFID para realizar a leitura das etiquetas ou gravação de dados nas etiquetas, bancadas na parte interna da biblioteca com sensores com a função de leitura das etiquetas são utilizadas para que alunos possam realizar os processo autônomos de empréstimo e devolução de materiais, como mostra a figura 2, esses sensores leem a codificação que o chip das etiquetas coladas nos livros possuem e conseguem identificar qual material o aluno está pegando ou devolvendo do acervo da biblioteca.

Figura 2: Equipamentos de auto empréstimo(a) e autodevolução(b).



(a)

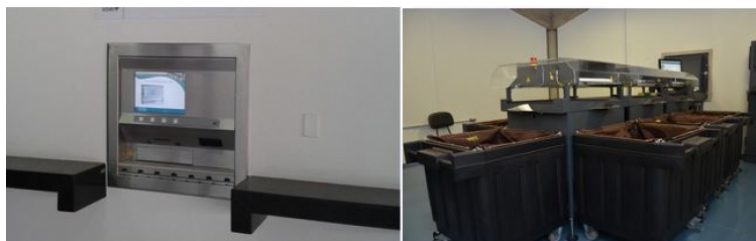


(b).

Fonte: Autor.

Além dos dispositivos internos, há uma máquina de autodevolução externa, onde um sensor RFID realiza a leitura das etiquetas dos materiais e os identificam e classificam por área. Nas bibliotecas da UFU o sistema conta com 10 classes principais de materiais sendo elas enumeradas de 0 a 9, e diferente dos dispositivos internos, a máquina externa possui um sistema de esteiras em série, que de acordo com a classificação do sistema, os livros são depositados em cesto diferentes, facilitando e agilizando o processo de reposição do acervo em suas devidas estantes. Como mostra a figura 3.

Figura 3: Máquina de autodevolução externa.



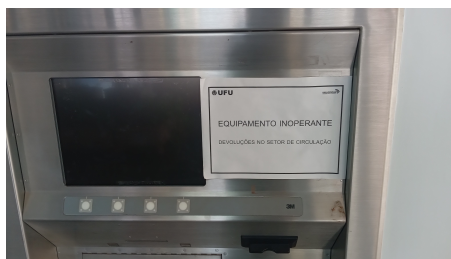
Fonte: Bibliotecas UFU.

disponível em: (<https://bibliotecas.ufu.br/servicos/autodevolucao>)

No entanto, em agosto de 2022 o equipamento de autodevolução externo da biblioteca do campus Santa Mônica ficou indisponível para o uso, por motivos de alto custo na manutenção do equipamento tornou-se inviável o seu reparo, como é mostrado na figura 4. A paralisação do dispositivo externo de autodevolução causou um aumento na demanda por parte da equipe de bibliotecários, pois as auto devolutivas internas não con-

tam com esteiras ou meios de classificação e separação de livros, fazendo com que os bibliotecários responsáveis pela reposição dos livros nas estantes tenham que realizar uma classificação manual dos livros.

Figura 4: Máquina de autodevolução externa quebrada.



Fonte: Autor.

1.3 Objetivo do trabalho

Com a indisponibilidade da máquina de autodevolução externa da biblioteca por um longo período e sem previsão de retorno, este trabalho tem o objetivo de desenvolver um protótipo de um novo sistema de autodevolução e auto empréstimo de baixo custo com base na tecnologia RFID já existente na biblioteca. O protótipo deverá ser capaz de realizar empréstimos de materiais do acervo bibliotecário, a autodevolução classificada dos mesmos, e a administração de materiais de em circulação.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

- O *capítulo 1*, apresenta as vantagens da implementação de um sistema RFID em bibliotecas, a estrutura do sistema RFID nas bibliotecas da UFU, e também o objetivo principal deste trabalho;
- No *capítulo 2*, são explicados os fundamentos teóricos de sistemas RFID;
- O *capítulo 3*, apresenta informações sobre organizações de padronização de sistemas RFID, juntamente com as devidas normativas;
- O *capítulo 4*, apresenta os aspectos gerais do sistema RFID aplicado na biblioteca da UFU;

- O *capítulo 5*, apresenta os detalhes do desenvolvimento do protótipo de um sistema RFID com baixo custo para bibliotecas;
- O *capítulo 6*, apresenta os resultados obtidos nos teste executados pelo protótipo;
- O *capítulo 7*, são apresentadas as conclusões a partir dos dados obtidos e as contribuições desse trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tecnologia RFID

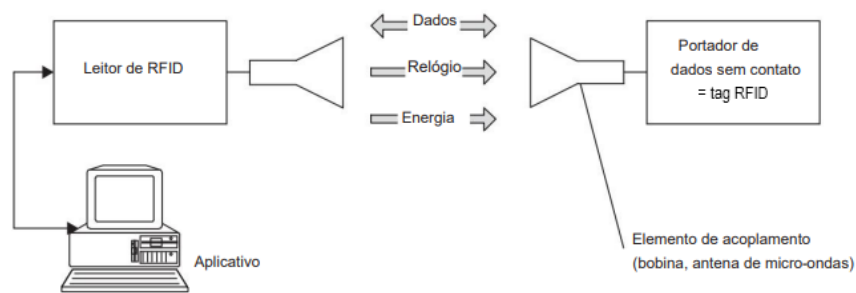
RFID (Radio Frequency Identification) é uma tecnologia que permite a identificação automática e única de objetos usando sinais de radiofrequência, ou seja, sem a necessidade de contato físico para realizar a troca de informações. A capacidade de identificar e rastrear objetos sem a necessidade de contato direto, faz com que esta tecnologia se destaque positivamente quando comparada com outros sistemas de identificação. O RFID possui várias aplicações, controle de acesso, controle de inventário, logística, pagamento sem contato, entre outras utilidades.

2.2 Estruturas e componentes de um sistema RFID

O sistema RFID tem fundamentação baseada em 3 principais componentes:

- Uma etiqueta (ou tag) — que está presa ao objeto e armazena o identificador numa memória;
- O leitor com antena — que faz transmissão e recepção de dados com a TAG;
- Unidade de controle — responsável pelo processamento e pela produção de um resultado.

Figura 5: principais componentes de todo sistema RFID.



Fonte: HANDBOOK, 2010.

2.2.1 Etiquetas (tags)

As tags são dispositivos anexados aos objetos ou itens que o sistema RFID se destina a rastrear, elas representam o próprio mecanismo capaz de realizar o transporte de dados do sistema, geralmente consiste em um elemento de acoplamento, um microchip eletrônico e uma antena.

As tags podem apresentar um tamanho variando de um pouco maior que um grão de arroz, no formato de um cartão ou até mesmo do tamanho de um maço de cigarros dependendo da aplicação e do local onde ficará instalado. Existem, por exemplo, tags que atuam em ambientes com temperaturas extremamente altas, extremamente baixas, que suportam altas pressões, quedas, colisões, processos químicos e afins. A figura 6 ilustra alguns dentre toda a variedade dos modelos de tag existentes.

Figura 6: Tags com diferentes tipos de encapsulamento podem ser encontradas.



Fonte: GUILHERME D. COUTO, (2019).

2.2.2 Leitores (ou Scanners) e antenas

O leitor RFID é o dispositivo responsável pelo envio do sinal eletromagnético, que é transmitido às tags RFID por meio de uma ou mais antenas. Quando em operação, o leitor transmite um sinal eletromagnético contínuo em busca de identificar uma ou mais tags RFID. O leitor RFID também desempenha a função de monitoramento de sinais eletromagnético vindo das tags RFID através da mesma antena utilizada na primeira operação. [2]

As antenas são dispositivos utilizados para a transmissão de ondas de rádio, a fim de estabelecer uma comunicação ponto a ponto ou para recepção de energia destas ondas de rádio. Em sistemas RFID, as antenas desempenham a função de transmitir e receber os dados gerados pelos leitores e tags, estando presentes em ambos. Os tipos de antenas, tamanhos e formatos podem variar conforme a aplicação ou a frequência de operação do sistema RFID. [4]

Figura 7: Leitor RFID produzido pela Mifare.



Fonte: UPPERSEG, (2023).

Figura 8: Antena RFID produzida pela Via Onda.



Fonte: VIA ONDA, (2023).

2.2.3 Unidade de controle

A unidade de controle (ou controlador) é responsável por controlar a comunicação entre os diferentes dispositivos que compõem o sistema RFID, conseguindo a garantia que a leitura e a gravação de dados ocorram de forma eficiente. Dentre as funções da unidade de controle em um sistema RFID as principais são:

- Gerenciamento de Antenas: A unidade de controle controla as antenas RFID, determinando quais antenas estão ativadas em determinados momentos. Isso é essencial para direcionar a leitura para áreas específicas, otimizando o desempenho do sistema.
- Comunicação com Leitores RFID: A unidade de controle se comunica com os leitores RFID, instruindo-os a realizar leituras ou gravações específicas. Isso pode incluir comandos para identificar etiquetas RFID, ler dados armazenados nelas ou gravar informações adicionais.
- Processamento de Dados: Ela é responsável pelo processamento inicial dos dados

capturados pelos leitores RFID. Isso pode incluir a filtragem de informações irrelevantes, a validação de dados e a formatação para facilitar a integração com outros sistemas.

- **Integração com Sistemas de Informação:** Muitas vezes, a unidade de controle está integrada a sistemas de informação mais amplos, como sistemas de gerenciamento de estoque, bancos de dados ou software empresarial. Isso permite que os dados coletados pelo sistema RFID sejam utilizados de maneira eficaz em contextos mais amplos.
- **Controle de Acesso:** Em alguns casos, a unidade de controle desempenha um papel na segurança do sistema, controlando o acesso aos dados RFID. Isso pode envolver autenticação e autorização para garantir que apenas usuários autorizados tenham acesso às informações.
- **Monitoramento e Diagnóstico:** A unidade de controle muitas vezes inclui recursos para monitorar o desempenho do sistema RFID e diagnosticar eventuais problemas. Isso facilita a manutenção e a resolução rápida de problemas operacionais.

2.3 Características técnicas das etiquetas RFID

Além de apresentar diversos formatos e tamanhos, as tag RFID também apresentam outras características que podem ser usadas como meio de diferenciação. Isto inclui a descrição das diferenças, vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de etiquetas disponíveis comercialmente. Essas diferenças entre tags serão examinadas em relação:

- Fontes de energia
- Frequências
- Capacidade de escrita
- Componentes de tags
- Custo de tags

2.3.1 Fontes de alimentação de tags RFID

Uma característica muito importante das etiquetas RFID é a sua fonte de alimentação. A energia é necessária para que a tag possa transmitir informações ao leitor por meio de

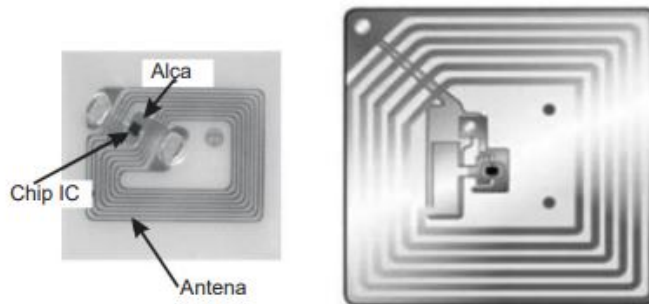
sua antena. As etiquetas RFID podem ser classificadas em 4 tipos diferentes, isso inclui tags passivas, tags ativas, tags semipassivas ou tags semiativas. Cada tipo de etiqueta tem suas próprias vantagens e desvantagens dentro de um sistema RFID. O tipo de etiqueta necessária pode ter a tendência de orientar a seleção dos demais componentes do sistema.

Tags passivas

As tags passivas não possuem uma fonte de energia para alimentar o circuito da etiqueta, isso significa que a corrente elétrica transmitida pelo leitor RFID alimenta indutivamente a etiqueta. Como as tags passivas não possuem fonte de energia própria, os projetos podem ser mais simples. Elas também podem ter vida útil ilimitada em comparação com tags ativas. Isto tornou a etiqueta passiva o foco da maioria dos mandatos governamentais e comerciais de RFID.

As desvantagens de praticamente todas as tags passivas é que com o fornecimento limitado de energia, a etiqueta passiva possui uma transmissão muito mais limitada quando comparada com outros tipos de tags. Da mesma maneira, as tags passivas têm um alcance de transmissão limitado, exigindo assim, que o leitor esteja mais próximo a tag para realizar a comunicação. [5]

Figura 9: Etiquetas RFID de 13,56 MHz.



Fonte: HARVEY LEHPAMER, (2008).

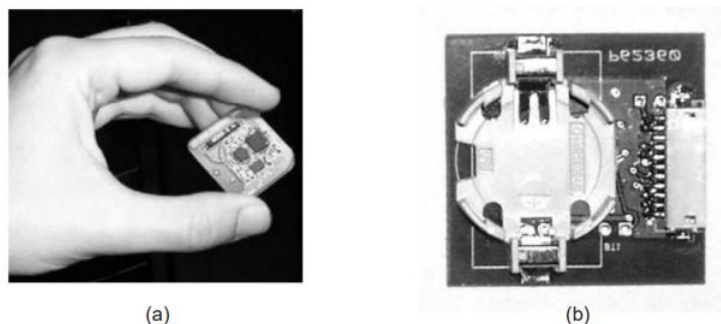
Tags ativas

Diferente das tags passivas, as tags ativas possuem uma fonte de energia integrada e não requerem induções para fornecer corrente elétrica. Porém os circuitos adicionais exigidos pela bateria, bem como a própria bateria, faz com que as tags ativas sejam maiores e mais caras que as tags passivas.

Sua vantagem é que com a energia adicional oferecida pela bateria, o alcance das tags ativas geralmente são muito superiores ao das tags passivas, com isso elas são

ideais em ambientes com interferência eletromagnética, pois podem transmitir um sinal mais forte em situações que exigem uma distância maior entre a tag e o transmissor. Sua desvantagem é que são mais caras e sua vida útil é limitada pela vida da bateria, têm maior complexidade computacional possibilitando maior armazenamento de dados e por isso são maiores fisicamente. [5]

Figura 10: Etiqueta ativa (a) frente e (b) verso



Fonte: HARVEY LEHPAMER, (2008).

Tags semiativas ou semipassivas

Uma etiqueta semiativa ou semipassiva (dependendo do fabricante) possui recursos encontrados em tags passivas e ativas. Essas tags utilizam uma bateria interna para alimentar o circuito interno e seu microchip. Entretanto, diferente das tags ativas, a tag semiativa não utiliza sua fonte de energia interna para se comunicar com a antena. Para funções de comunicação, a etiqueta semiativa depende da potência do campo eletromagnético recebida da antena do leitor. Ao conservar a energia interna desta maneira, a vida útil da bateria interna pode ser bastante prolongada.

Normalmente, nos circuitos das etiquetas semiativas incluem sensores para monitorar condições ambientais, como temperatura e umidade. Os sensores também podem ser alimentados para detectar vibração ou movimento. São muito usadas para monitorar a possibilidade de danos durante o transporte ou armazenamento. [5]

2.3.2 Frequências de operação RFID

Outra característica presente nas tags RFID é a faixa de frequência em que elas operam. A frequência de operação pode variar com base na aplicação, normas e regulamentos. Os sistemas utilizam bandas reservadas (faixas ISM), ISM significa 'Industrial Scientific and Medical', ou seja, aplicações industriais, científicas e médicas de alta frequência.

As frequências ISM são reservadas internacionalmente para aplicações que utilizam dispositivos de alta frequência que não precisam de licenciamento por parte das autoridades responsáveis por gerir o espectro eletromagnético. A frequência de operação do sistema está diretamente relacionada ao custo, velocidade e alcance do dispositivo, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Frequências RFID

Frequência	Alcance	Velocidade	Custo da Tag	Aplicações
Low Frequency -LF (Frequência Baixa) 125kHz	5cm (passivo)	Baixa	Baixo	Controle de acesso, identificação de animais
High Frequency - HF (Frequência Alta) 13,56MHz	1m (passivo)	Moderada/ Baixa	Médio/Baixo	Cartões inteligentes, pagamentos
Ultra High Frequency - UHF (Frequência Ultra Alta) 433MHz	100m (ativo)	Moderada	Alto	Defesa
Ultra High Frequency - UHF (Frequência Ultra Alta) 865- 928 MHz	7m (passivo)	Moderada/ Alta	Baixo	Identificação de mercadorias, rastreamento de bagagens e encomendas
Microondas - 2.45 e 5,8GHz	15m (passivo), 40m (ativo)	Alta	Alto	Rastreamento de contêineres, pagamento automático de pedágio e estacionamento

Fonte: HARVEY LEHPAMER, (2008).

2.3.3 Capacidade de escrita

Quando uma etiqueta entra na zona de interrogação de um leitor, os dados armazenados no microchip da etiqueta são transmitidos para a antena do leitor RFID. Esses dados podem ser ASCII, caracteres hexadecimais ou caracteres decimais. Os dados armazenados na etiqueta dependem de sua capacidade de gravação. No geral, existem três recursos de escrita:

- Somente leitura

- Escrever uma vez e ler muitas vezes
- Ler e escrever várias vezes

Somente leitura

Nas tags de somente leitura, os dados de identificação são inseridos pelo fabricante da etiqueta, e em muitos casos, os dados de identificação são utilizados por diversas organizações diferentes. Um exemplo são os sistemas RFID de pedágio, pois ao adquirir uma etiqueta com um número específico, toda vez que o veículo passar por uma praça de pedágio, uma antena, ou leitores eletrônicos posicionados sobre a faixa de cobrança de pedágio, emitem frequências de rádio que se comunicam com a etiqueta instalada no carro. Assim, os dois dispositivos interagem e completam a transação do pedágio.

Escrever uma vez e ler muitas vezes

Tags Write One, Read Many (WORM) não são programadas pelo fabricante. Elas apresentam a possibilidade de gravar os dados de identificação na etiqueta, porém, com esses tipos de tags WORM, os dados de identificação não podem ser apagados. Uma vez gravados os dados no microchip da etiqueta, eles não poderão ser alterados.

Ler e escrever várias vezes

Assim como as tags WORM, as tags de leitura/gravação não são programadas pelo fabricante. A vantagem destas etiquetas é a possibilidade de programar e reprogramar os dados de identificação contidos na etiqueta. Assim, eventuais erros de escrita dos dados de identificação, situação onde as tags WORM teriam que ser descartadas, as tags de leitura/gravação possibilitam a correção dos dados.

Tags de leitura/gravação são geralmente o tipo mais sofisticado dos três tipos de tags e muitas vezes informações adicionais podem ser armazenadas. Também é possível bloquear determinadas áreas da memória da etiqueta para que ela não possa ser apagada.

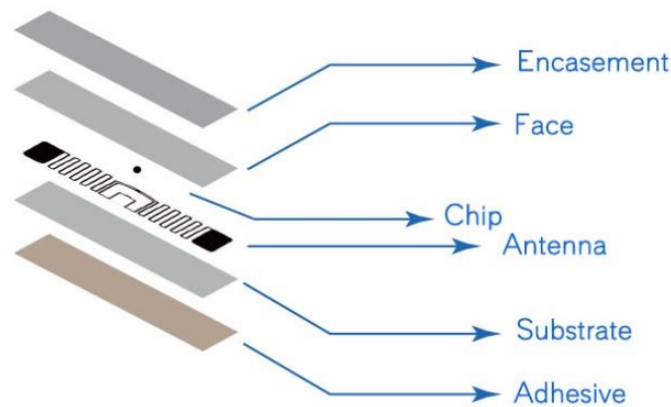
2.3.4 Componentes das tags RFID

Todas as etiquetas passivas, ativas e semiativas contêm no mínimo:

- Circuito ou chip integrado
- Uma antena
- Um substrato ou alojamento de etiqueta

A figura 11, ilustra os componentes de uma tag RFID. Vale lembrar que as etiquetas ativas mais sofisticadas também poderão contar com a bateria e componentes integrados especializados, como circuitos GPS ou monitores de umidade, temperatura, vibração ou movimento, etc.[2]

Figura 11: Componentes de uma Tag RFID passiva



Fonte: Shenzhen Xinyetong, (2023).

Circuito Integrado

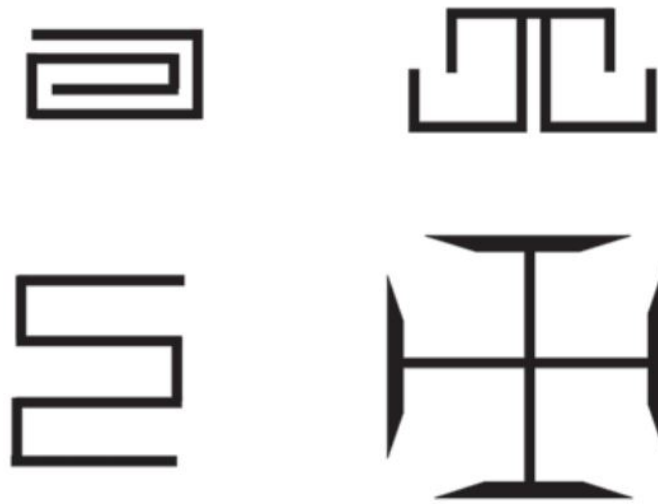
O circuito integrado ou chip da etiqueta consiste na parte da etiqueta que contém os dados de identificação a serem transmitidos. Ele também apresenta a estrutura lógica para decodificar o sinal RF enviado pelo leitor RFID e codificar os dados gravados no chip para uma posterior transmissão pela antena da etiqueta.

Antena da etiqueta

A antena da etiqueta, não deve ser confundida com a antena do leitor RFID do sistema. A antena da tag é utilizada para receber e enviar ondas de radiofrequência. No caso de tags passivas, sua antena recebe a energia da onda eletromagnética e a transfere para o circuito integrado da etiqueta, assim o circuito integrado responde a energia recebida e envia um sinal de volta através da antena da etiqueta. [2]

A configuração da antena da etiqueta varia de acordo com a frequência em que a tag opera. As antenas das etiquetas que operam em HF normalmente apresentam o formato de bobinas, e as antenas de etiquetas UHF apresentam uma forma mais linear. A figura 12 ilustra alguns exemplos destes formatos.

Figura 12: Formas comuns de antenas RFID



Fonte: SERICK C. JONES, (2007).

As antenas de tags RFID enfrentam um problema referente ao tamanho da própria antena, pois o tamanho da antena está relacionado à sua capacidade de absorver e transmitir energia RF. Como geralmente se deseja um alcance maior, independentemente do tipo de etiqueta usada, a maioria dos projetos de antenas de etiqueta tentam maximizar o tamanho da antena. Assim, uma parte maior de qualquer etiqueta consistirá em sua antena.

Substrato ou alojamento de etiqueta

O substrato da etiqueta RFID tem duas principais funções. A primeira, na superfície frontal, ele fornece uma superfície ou alojamento para os outros componentes da etiqueta. A segunda função, na superfície posterior, pode fornecer meios para fixar o adesivo ou fita para posicionar a etiqueta no item. Uma variedade de materiais pode ser usada para o substrato da etiqueta.

A Tabela 2 resume as principais diferenças entre os três principais tipos de etiquetas RFID.

Tabela 2: Comparação de tecnologia FID

	Tag passiva	Tag ativa	Tag semiativa
Fonte de alimentação	Campo eletromagnético da antena do leitor	Bateria integrada	Bateria integrada para microchip, Campo eletromagnético externo para transmissão
Tamanho	Menor	Maior	Maior
Armazenamento de dados	Pouco	Muito	Muito
Custo	Baixo	Médio/alto	Alto

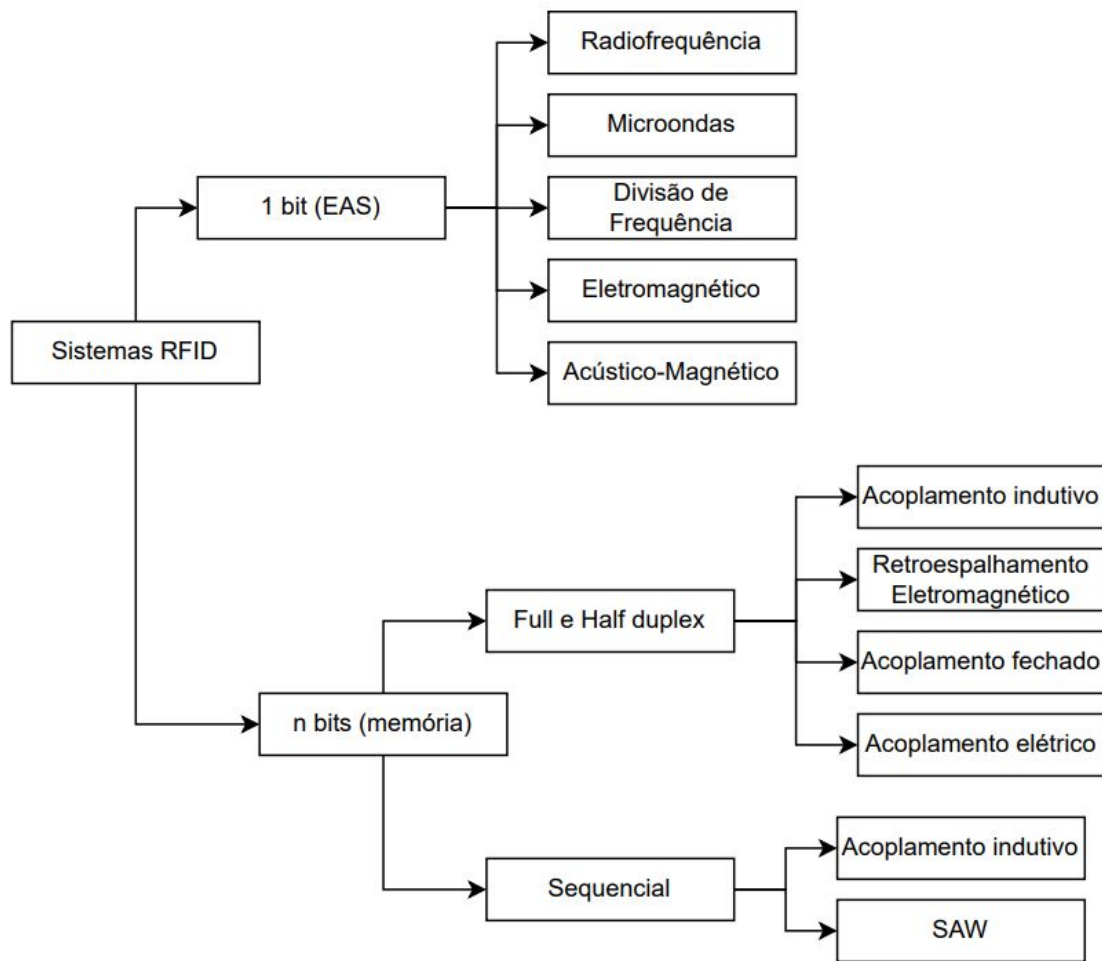
Fonte: Autor.

2.4 Princípios fundamentais de operação dos sistemas RFID

A operação dos sistemas RFID pode ser classificada em duas principais categorias: sistemas de 1-bit e sistemas de n-bits. Os sistemas de 1-bit funcionam devido a fenômenos físicos e se subdivide em 5 categorias. Já os sistemas de n-bits são subdivididos de acordo com o mecanismo de transmissão de dados utilizado, neste tipo de sistema há um fluxo de dados entre a tag e o leitor. [6]

A figura 13 apresenta a classificação dos diferentes tipos de sistemas RFID.

Figura 13: Alocação dos diferentes princípios operacionais dos sistemas RFID.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

2.5 Sistemas RFID de 1-bit

Um bit representa a menor unidade de informação que pode ser transmitida, e possui apenas dois estados: 1 e 0. Desse modo, em sua operação apenas dois estados são representados por um sistema RFID de 1 bit: 'etiqueta na zona de interrogação' e 'nenhuma etiqueta na zona de interrogação'. Apesar de sua limitação, os sistemas RFID de 1-bit são muito difundidos, e seu principal campo de aplicação é em sistemas eletrônicos de anti-roubo em lojas (EAS, electronic article surveillance).

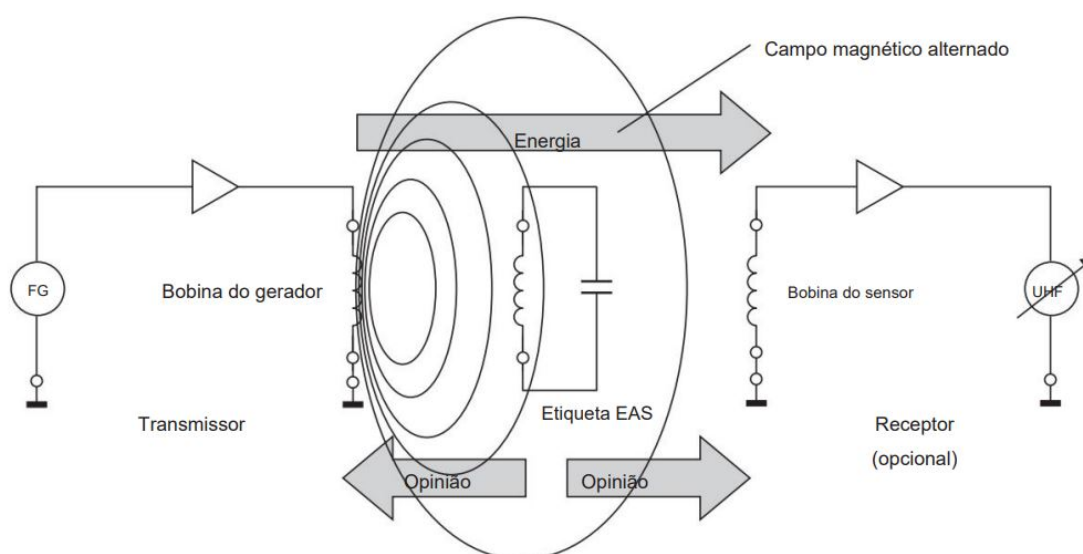
A seguir serão apresentados todos os procedimentos de comunicação dos sistemas RFID de 1-bit.

2.5.1 Sistemas RFID de 1-bit por Radiofrequência

O procedimento de radiofrequência é baseado em circuitos ressonantes LC, contidos nas tags passivas. O dispositivo de leitura gera um campo magnético alternado na faixa de radiofrequência de 8.2MHz . Se o circuito ressonante da tag for movido para a vizinhança do campo magnético alternado, a energia do campo alternado é induzida no circuito ressonante através de suas bobinas conforme a lei de Faraday. Caso a frequência do campo alternado gerado pelo dispositivo de leitura corresponder à frequência de ressonância do circuito ressonante LC presente na etiqueta, o circuito ressonante responderá com uma leve oscilação. [6]

Este efeito é percebido através de uma pequena mudança na queda de tensão na bobina do dispositivo de leitura, o que resulta em um enfraquecimento na intensidade do campo magnético. A alteração na tensão induzida também pode ser detectada por uma bobina de um sensor (opcional), assim que um circuito oscilante ressonante é colocado no campo magnético da bobina do dispositivo de leitura, figura 14.

Figura 14: Princípio de funcionamento do procedimento de radiofrequência EAS.



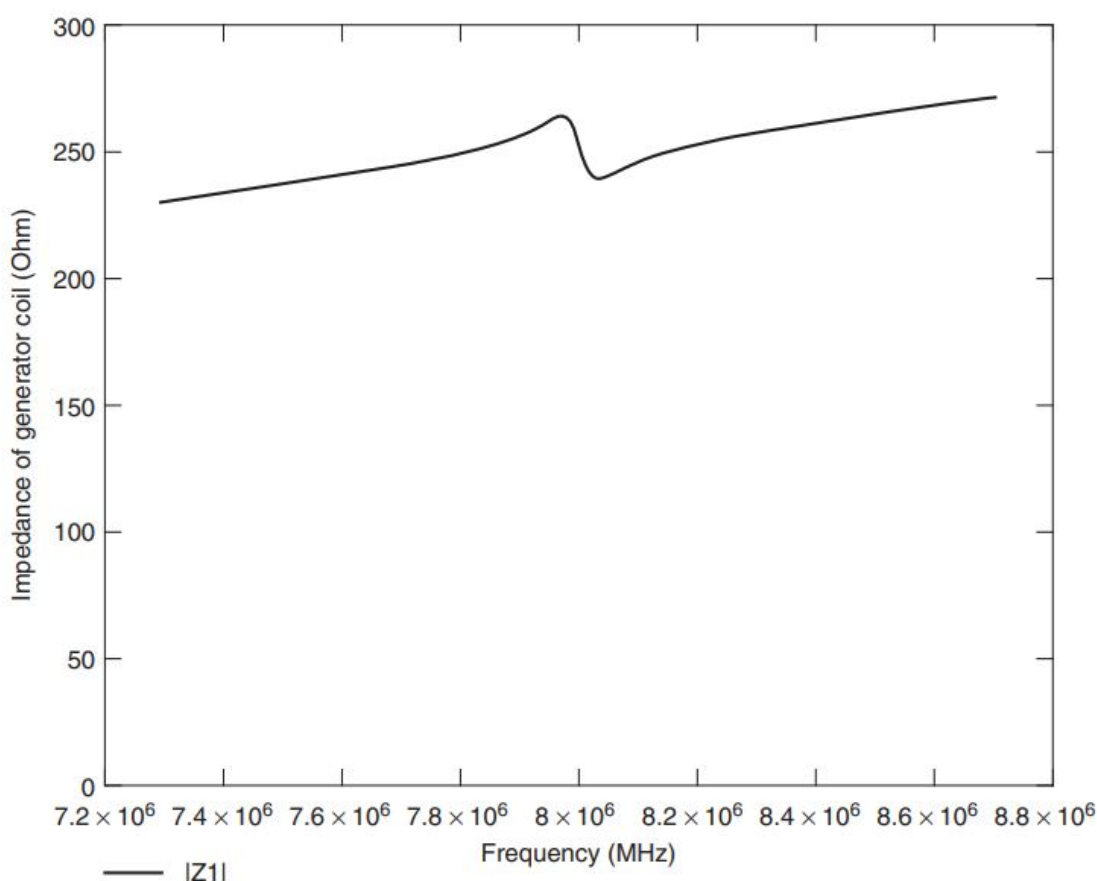
Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

A magnitude relativa das mudanças na tensão nas bobinas do dispositivo de leitura e do sensor é geralmente muito baixa e, portanto, difícil de detectar. Contudo, o sinal deve ser tão claro quanto possível para que o elemento de segurança possa ser detectado de forma confiável. Isto é conseguido através de um pequeno truque: a frequência do campo magnético gerado não é constante, é 'varrida'. Isto significa que a frequência do

dispositivo de leitura cruza continuamente a faixa entre o mínimo e o máximo. A faixa de frequência disponível para os sistemas varridos é de $8,2 \text{ MHz} \pm 10\%$ (Jorn, 1994).

Sempre que a frequência varrida do disco corresponde exatamente à frequência ressonante do circuito ressonante LC, a etiqueta começa a oscilar, produzindo uma queda clara nas tensões nas bobinas do gerador e do sensor (figura 15).

Figura 15: Ocorrência de uma 'queda' de impedância na bobina do gerador na frequência de ressonância do elemento de segurança.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

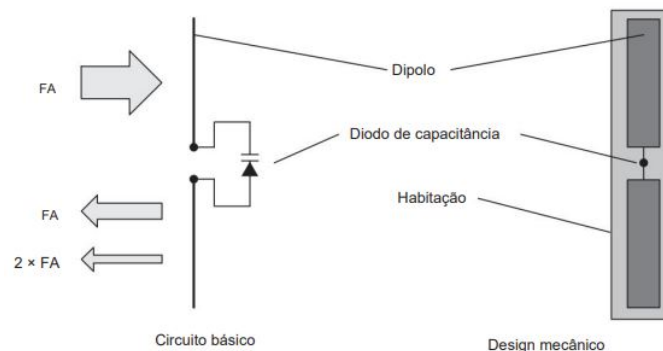
Como as etiquetas não são retiradas no caixa, elas devem ser alteradas para não acionar o sistema antifurto. Para conseguir isso, a caixa coloca o produto protegido em um dispositivo – o desativador – que gera um campo magnético suficientemente alto para que a tensão induzida destrua o capacitor de folha do transponder. Os capacitores são projetados com pontos de curto-circuito intencionais, chamados de covinhas. A quebra dos capacitores é irreversível e dessintonizar o circuito ressonante a tal ponto que este não pode mais ser excitado pelo sinal de varredura

2.5.2 Sistemas RFID de 1-bit por Microondas

Os sistemas EAS na faixa de microondas exploram a geração de harmônicos em componentes com características não-lineares. Neste tipo de sistema são usados diodos de capacitância devido a sua capacidade de armazenar energia não linear. O número e a intensidade das harmônicas geradas dependem diretamente da característica do diodo de capacitância.

O Layout de um sistema de 1-bit por microondas é extremamente simples (figura 16): um diodo capacitivo é conectado à base de um dipolo ajustado a onda portadora. Dada uma frequência de onda portadora, que normalmente são 915 MHz, 2.45 GHz ou 5.6 GHz, se a etiqueta estiver localizada dentro do alcance do transmissor, devido ao campo elétrico alternado, flui uma corrente dentro do diodo que gera e irradia, em geral, a 2° e a 3° harmônica da portadora. [6]

Figura 16: Circuito básico e formato típico de construção de uma etiqueta de microondas.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

A figura 17 mostra um transponder sendo colocado dentro do alcance de um transmissor de micro-ondas operando a 2,45 GHz. A segunda harmônica de 4,90 GHz é gerada na característica do diodo. A tag transmite essa harmônica que se encontra detectada por um receptor, que é ajustado para esta frequência precisa.

A recepção de um sinal na frequência da segunda harmônica pode então acionar um sistema de alarme. Se a amplitude ou frequência da onda portadora for modulada (ASK, FSK), então todos os harmônicos irão incorporar a mesma modulação. Isto pode ser usado para distinguir entre 'interferência' e 'útil' nos sinais, evitando falsos alarmes causados por sinais externos.

Figura 17: Etiqueta de microondas na zona de interrogação de um detector.



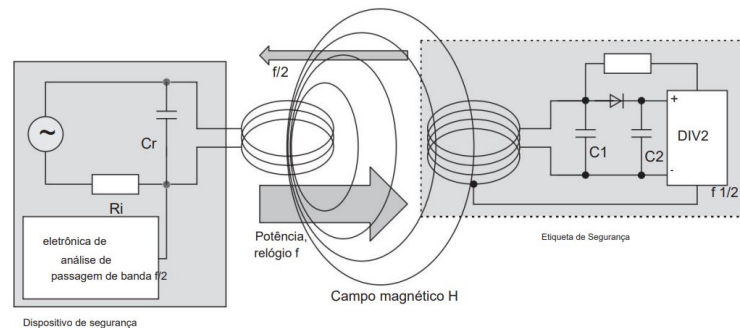
Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

2.5.3 Sistemas RFID de 1-bit por Divisão da Frequência

Este tipo de sistema opera em LF na faixa de 100-135 KHz. As etiquetas de segurança contêm um microchip, uma bobina e um circuito ressonante. O microchip é alimentado pelo campo magnético emitido pelo dispositivo de segurança e em seguida ele divide a frequência da portadora induzida na bobina por dois e envia de volta ao dispositivo de segurança.

O campo magnético do dispositivo de segurança é pulsado em uma frequência mais baixa (modulado ASK) para melhorar a taxa de detecção. Da mesma forma que o procedimento de geração de harmônicos, a modulação da onda portadora (ASK ou FSK) é mantida na metade da frequência (sub-harmônico). Isto é usado para diferenciar entre sinais de 'interferência' e 'úteis'. Este sistema exclui quase totalmente alarmes falsos. A figura 18 exemplifica este tipo de sistema. [6,7]

Figura 18: Diagrama básico do procedimento de divisão de frequência EAS: etiqueta de segurança e detector.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

2.5.4 Sistema RFID de 1-bit por efeito Eletromagnético

Os sistemas RFID por eletromagnéticos operam com fortes campos magnéticos na faixa de 10Hz a cerca de 20 KHz. As etiquetas consistem em uma tira de material magnético amorfo com uma curva de histerese bem acentuada. A magnetização destas tiras é realizada utilizando um um forte campo magnético alterado o que as leva a uma saturação magnética.

A característica não-linear entre o campo magnético H e a densidade de fluxo magnético B , próximo a saturação, mais a mudança repentina da densidade de fluxo magnético B na vizinhança do campo H igual a zero, produz componentes harmônicas na frequência de operação dos dispositivos de segurança.

As etiquetas possuem a forma de tiras auto adesivas com comprimentos que variam de alguns centímetros a 20 cm e são revestidas com uma camada de metal magnético dura, como demosntra(figura 19). Para a desativação das etiquetas, o dispositivo de magnetização passa um forte ímã permanente ao longo da tira de metal para desativar os elementos de segurança (Plotzke et al., 1994). As tiras metálicas são projetadas de modo que a intensidade do campo magnético seja o suficiente para manter as tiras metálicas amorfas no ponto de saturação, fazendo com que o campo magnético alterado do leitor não possa mais ser ativado

As tags podem ser reativadas a qualquer momento por desmagnetização. O processo de desativação e reativação pode ser realizado inúmeras vezes. Por esta razão, os sistemas eletromagnéticos de proteção de bens foram originalmente utilizados principalmente em bibliotecas de empréstimo. Como as etiquetas são pequenas (tiras de no mínimo 32 mm) e baratas, estes sistemas estão sendo cada vez mais utilizados na indústria de alimentos.

Figura 19: Etiquetas eletromagnéticas fabricadas pela 3M.



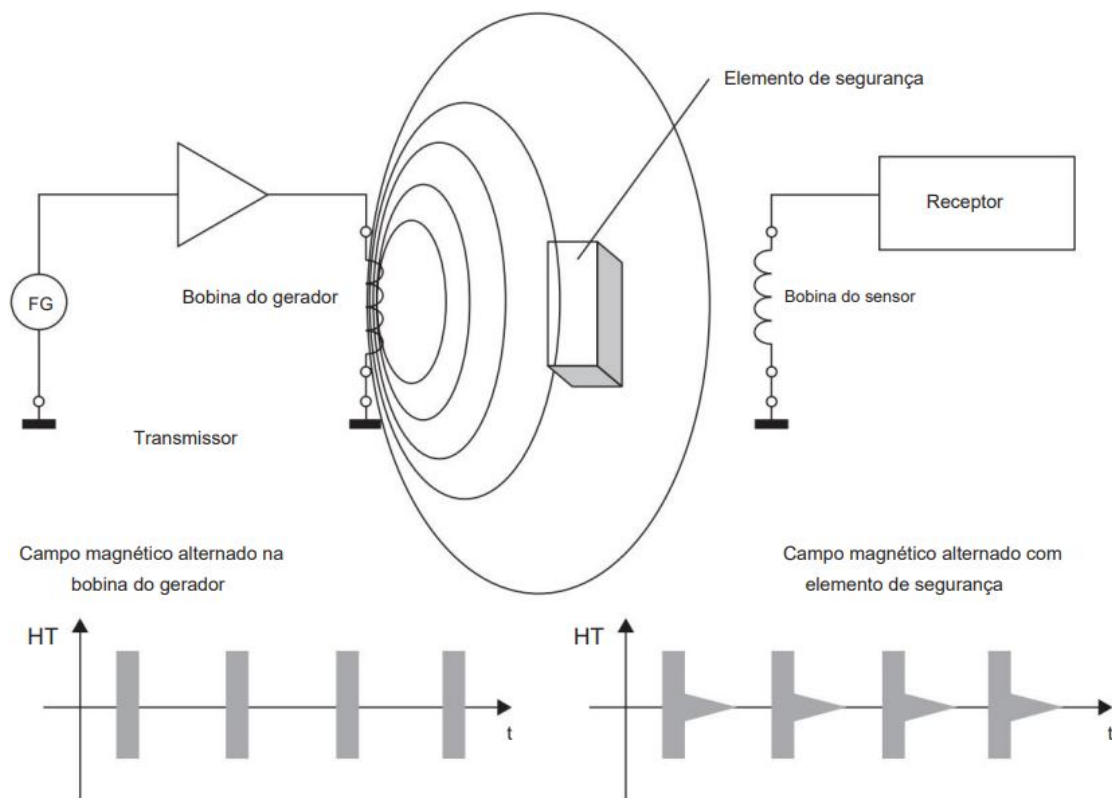
Fonte: CATÁLOGO 3M (2023).

2.5.5 Sistema RFID de 1-bit por efeito Acústico-Magnético

Os sistema acústico-magnético possuem etiquetas plásticas no formato de caixas extremamente pequenas, com cerca de 40 mm de comprimento. As caixas contêm duas tiras de metal, uma tira de metal magnético rígido permanentemente conectada à caixa plástica, além de uma tira de metal amorfo, posicionada de forma que fique livre para vibrar mecanicamente (Zechbauer, 1999).

A figura 20 mostra o funcionamento deste tipo de sistema. Quando a tag encontra-se na região de leitura do transmissor e do sensor, as fitas de metal começam a oscilar devido à influência do campo magnético. A oscilação na frequência de ressonância do material é facilmente percebida pelo dispositivo de leitura. A vantagem deste sistema em relação ao anterior é que a desmagnetização da fita só pode ser feita por um campo magnético intenso e com um decaimento lento na magnitude do campo magnético aplicado. [6]

Figura 20: Sistema acústico-magnético composto por transmissor e dispositivo de detecção.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

2.6 Sistemas RFID de n-bits (Full-Duplex e Half-Duplex)

Ao contrário dos transponders de 1 bit, os transponders descritos nesta seção usam um microchip eletrônico como o dispositivo de transporte de dados, possibilitando assim, uma capacidade de armazenamento de dados entre poucos bytes a mais de 100 kilobytes. Para ler ou gravar dados, os dispositivos devem ser capazes de transferir dados entre o leitor e o transponder e depois voltar do transponder para o leitor. Esta transferência ocorre através dos procedimentos: full-duplex, half-duplex e sistemas sequenciais.

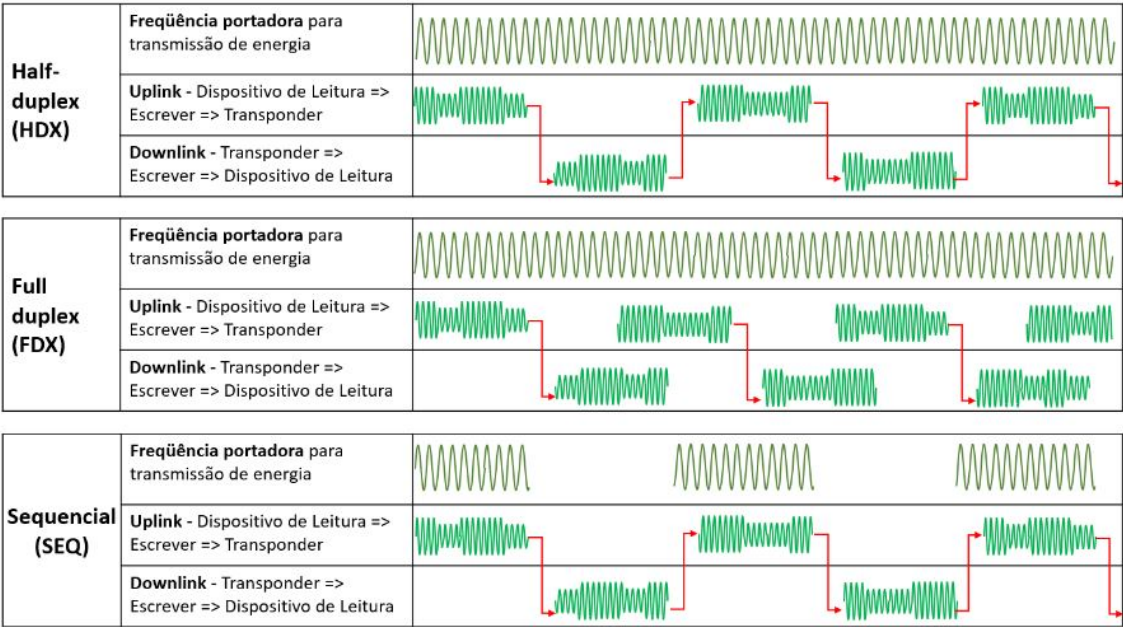
No procedimento full-duplex a transferência de dados do transponder para o leitor (up-link) ocorre ao mesmo tempo que a transferência de dados do leitor para o transponder (down-link). Este tipo de transferência inclui procedimentos nos quais os dados são transmitidos do transponder em uma fração de frequência do leitor, ou seja, uma frequência sub-harmônica, ou completamente independente, ou seja, anarmônica.

No procedimento half-duplex a transferência de dados do transponder para o leitor

alterna com a transferência de dados do leitor para o transponder. Em frequências abaixo de 30MHz, isso é mais frequentemente usado com o procedimento de modulação de carga, com ou sem subportadora, que envolve circuito simples.

No entanto, ambos os procedimentos têm em comum o fato de que a transferência de energia do leito ao transponder seja contínua e portanto independente da direção do fluxo de dados. Em sistemas sequenciais, por outro lado, a transferência de energia do transponder para o leitor leva apenas por um período de tempo limitado. A transferência de dados do transponder para o leitor ocorre nas pausas entre a alimentação do transponder.

Figura 21: Representação de sistemas full-duplex, half-duplex e sequenciais ao longo do tempo.



Fonte: Learnchannel-TV.com, 2023.

disponível em: (<https://learnchannel-tv.com/pt/tecnologia-de-sensor/rfid-em-automacoesrfid-en-automatica/semi-duplex-full-duplex-sequencial-sistemas-rfid/>)

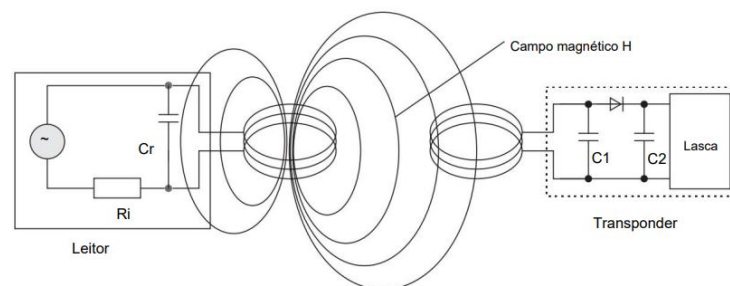
2.6.1 Sistema RFID de n-bits por Acoplamento Indutivo

Um sistema de n-bits por acoplamento indutivo apresenta uma tag, geralmente composta por um único microchip e uma bobina que funciona como antena. Estas tags acopladas indutivamente quase sempre são passivas, isso significa que toda a energia necessária para alimentar o microchip parte do leitor RFID, como é mostrado na figura 22.

Para que isso aconteça, uma bobina presente na antena do leitor, gera um forte campo magnético de alta frequência que penetra na seção transversal da bobina e em sua área ao redor. Como o comprimento de onda das faixa de frequência utilizada($< 135 \text{ KHz} : 2400\text{m}$) ou ($13.56\text{MHz} : 22.1\text{m}$) se apresenta muitas vezes maior que a distância entre antena do leitor e a antena da tag, o campo eletromagnético pode ser tratado como uma simples campo magnético alternado.

Uma tensão é gerada na bobina da antena da tag por indutância e retificada, servindo como fonte de alimentação para o dispositivo de transporte de dados (microchip). A bobina da antena da tag RFID e o capacitor C1 (figura 22) formam um circuito ressonante sintonizado na frequência de transmissão do leitor.

Figura 22: Alimentação de um transponder acoplado indutivamente a partir da energia do campo magnético alternado gerado pelo leitor.



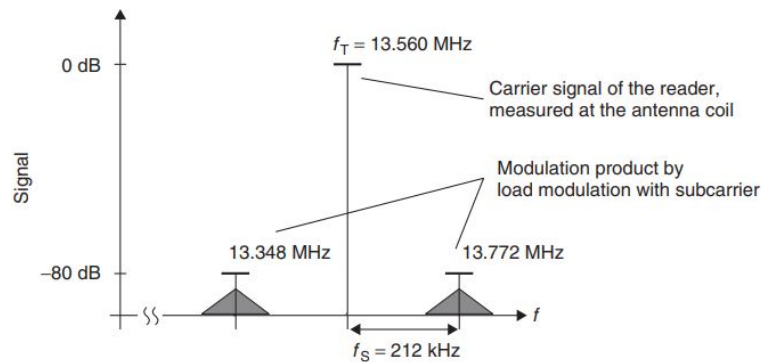
Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

Devido ao fraco acoplamento entre a antena do leitor e a antena da tag, as flutuações de tensão na antena do leitor que representam o sinal útil, possuem magnitudes menores do que a tensão de saída do leitor, por exemplo, um sistema de 13.36 MHz, dada uma tensão de 100V, pode se esperar um sinal útil de 10 mV. Como alternativa, a transferência de dados é feita por modulação ASK, FSK ou PSK da subportadora em sincronia com o fluxo de dados. Isso representa uma modulação de carga com subportadora.

A modulação de carga com uma subportadora cria duas bandas laterais de modulação na antena do leitor em distância da frequência da subportadora em torno da frequência

operacional f . Essas bandas laterais de modulação podem ser separadas do sinal significativamente mais forte do leitor por filtragem passa-banda (BP) em uma das duas frequências $f \pm f_s$.

Figura 23: A modulação de carga cria duas bandas laterais a uma distância da frequência da subportadora f_s em torno da frequência de transmissão do leitor.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

2.6.2 Sistema RFID de n-bits por Acoplamento de Retroespalhamento Eletromagnético

Os sistemas RFID deste tipo apresentam uma capacidade de comunicação entre leitor e etiqueta superior a 1 m e opera nas frequências UHF de 868 MHz e 915 MHz, e nas frequências de microondas 2.5 GHz e 5.8 GHz. Os comprimentos de onda destas faixas de frequência são curtos, isso facilita na construção das antenas das etiquetas, possibilitando que suas dimensões sejam muito menores e com maior eficiência do que seria possível quando usado faixas de frequência abaixo de 30 MHz.

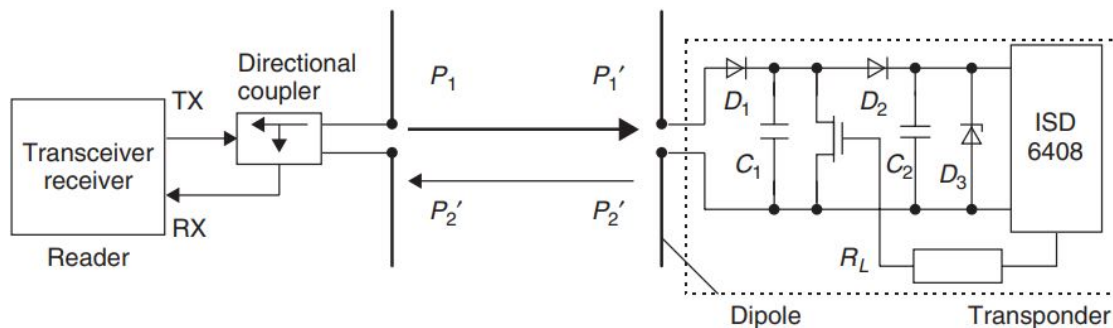
A transferência de dados entre a etiqueta e o leitor, neste tipo de sistema, se baseia na tecnologia de radar, onde objetos que se encontram em ressonância com a frente de onda que os atinge, possuem um seção transversal de reflexão particularmente grande.

Por meio desta propriedade o princípio de funcionamento demonstrado pela figura 24, onde uma potência P_1 é emitida pelo antena do leitor, uma pequena porção da potência P' atinge a antena da etiqueta devido a atenuação do espaço livre. A potência P' é entregue ao circuito conectado à antena da etiqueta como tensão de RF que após ser ratificada pelos diodos D_1 e D_2 , é utilizada para alimentar o microchip da antena.

Na transmissão de dados da etiqueta para o leitor, uma porção da potência de entrada P_1 é refletida pela antena da etiqueta e retorna para o leitor como P_2' , um resistor de

carga RL conectado em paralelo com a antena é ligado e desligado em sincronia com o fluxo de dados a ser transmitido. A amplitude da potência P_2' refletida pelo transponder pode assim ser modulada (retroespalhamento modulado).

Figura 24: Princípio de funcionamento de um transponder de retroespalhamento. A impedância do chip é 'modulada' pela comutação do FET do chip.



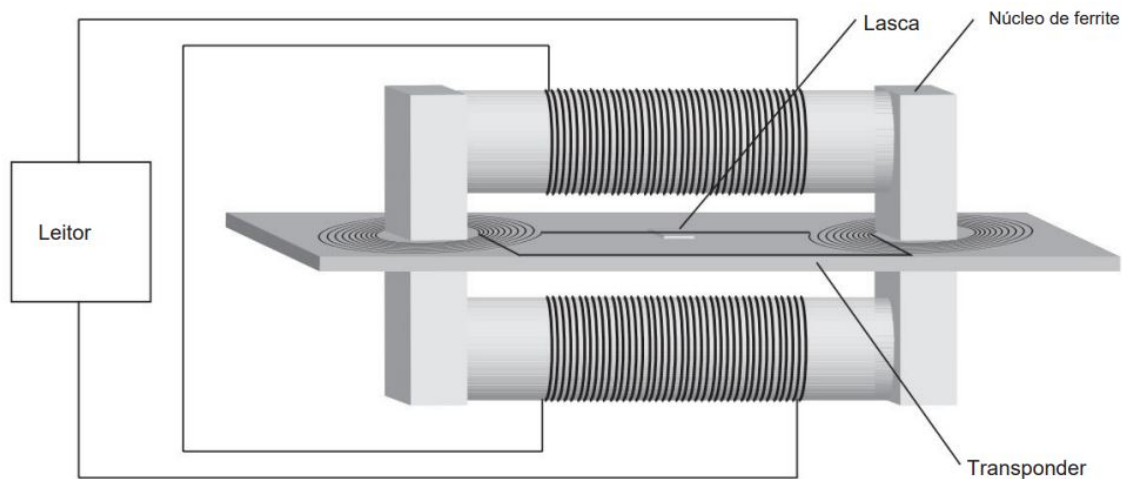
Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

2.6.3 Sistema RFID de n-bits por Acoplamento Fechado

Os sistemas de acoplamento fechado (ou acoplamento próximo) são projetados para alcances entre 0,1 cm e no máximo 1 cm. A etiqueta é portanto inserida no leitor ou colocada sobre sua superfície para operação.

A disposição funcional do layout da bobina da etiqueta e da bobina do leitor corresponde ao de um transformador (figura 25), sendo o leitor representando o enrolamento primário e a bobina da tag representa o enrolamento secundário de um transformador. Uma alta corrente alternada de alta frequência na bobina do leitor, gera um campo magnético no entreferro do arranjo que também flui através da bobina da tag. Esta energia é retificada para fornecer uma fonte de alimentação ao chip. [6]

Figura 25: Etiqueta de acoplamento próximo em leitor de inserção com bobinas de acoplamento magnético.



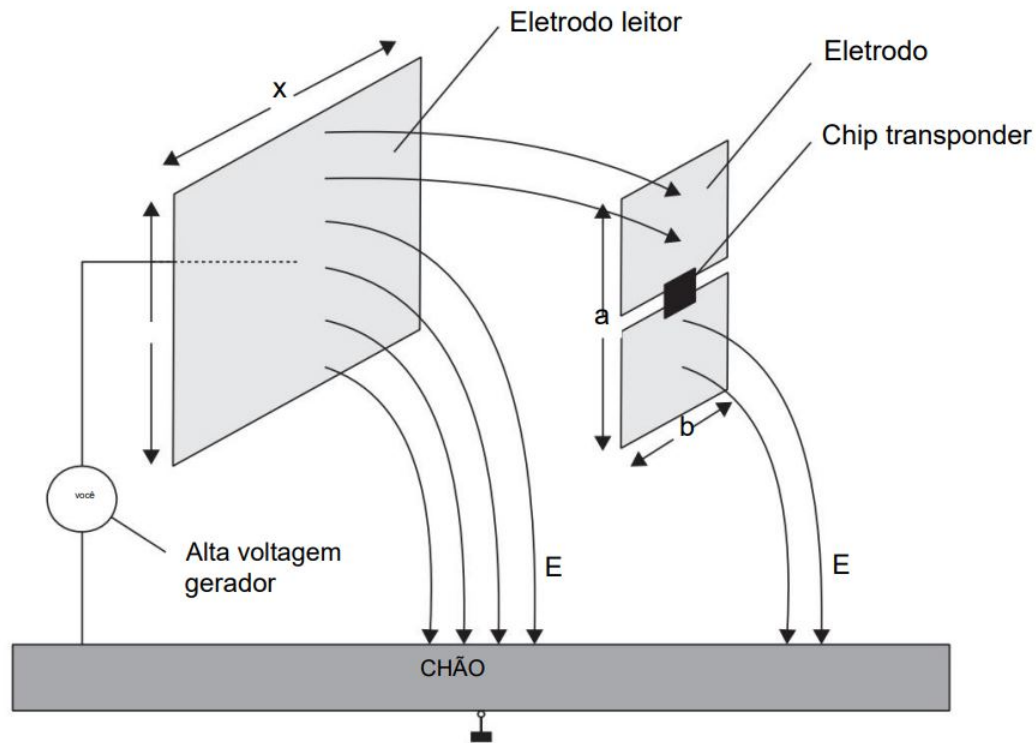
Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

A modulação de carga com subportadora também é usada para transferência de dados acoplados magneticamente da etiqueta para o leitor em sistemas de acoplamento próximo. Devido à curta distância entre o leitor e a etiqueta, os sistemas de acoplamento fechado também podem empregar acoplamento capacitivo para transmissão de dados. Os capacitores de placa são construídos a partir de superfícies de acoplamento isoladas umas das outras e são dispostos na etiqueta e no leitor de modo que, quando uma etiqueta é inserida, eles fiquem exatamente paralelos entre si.

2.6.4 Sistema RFID de n-bits por Acoplamento Elétrico

Nos sistemas RFID acoplados eletricamente, o leitor gera um campo elétrico de alta frequência, a antena do leitor possui uma grande área eletricamente condutora (eletrodo), normalmente é uma placa metálica (figura 26). As tensões necessárias para formar um campo elétrico entre o eletrodo e o potencial de terra, variam de algumas centenas de volts a alguns milhares de volts. Já a antena da etiqueta é composta por duas superfícies condutoras dispostas em um plano. Se a etiqueta for colocada dentro do campo elétrico do leitor, então surge uma tensão elétrica entre os dois eletrodos da etiqueta, que é usada para fornecer energia aos chips da etiqueta.

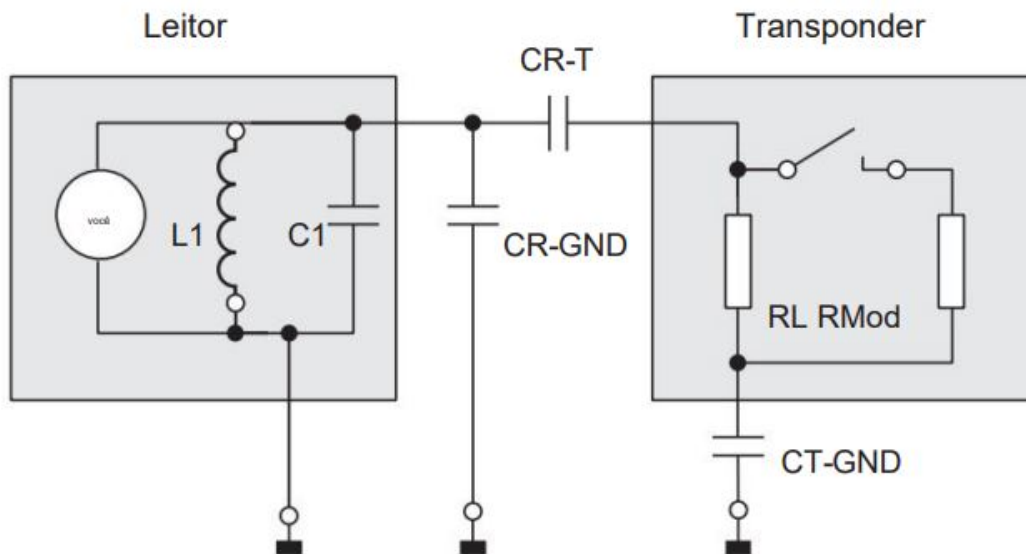
Figura 26: Um sistema eletricamente acoplado utiliza campos elétricos (eletrostáticos) para a transmissão de energia e dados.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

Quando a etiqueta eletricamente acoplada entra na zona de interrogação de um leitor, a resistência R da etiqueta atua sobre o circuito ressonante do leitor através da capacitância de acoplamento C_{R-T} ativa entre o leitor e os eletrodos da etiqueta, amortecendo ligeiramente o circuito ressonante. Por meio desse chaveamento, é gerada a modulação em amplitude da tensão presente na indutância $L1$ e da capacitância $C1$, conforme o circuito da figura 27.

Figura 27: Diagrama de circuito equivalente de um sistema RFID eletricamente acoplado.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

2.7 Sistemas RFID de n-bits (Sequenciais)

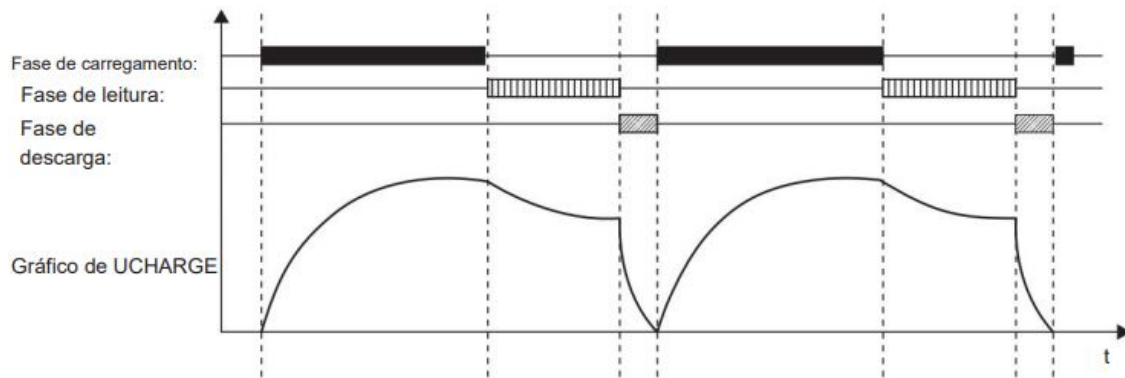
Nos sistemas sequenciais a transmissão de dados e de energia do dispositivo de leitura para a etiqueta ocorre de modo alternado. Um sistema sequencial é um sistema digital no qual a saída em determinado instante t depende do valor da entrada neste e em instante anteriores.

2.7.1 Sistema RFID Sequenciais por Acoplamento Indutivo

Os sistemas sequenciais por acoplamento indutivo são operados unicamente em frequências abaixo de 135 KHz. Existe um acoplamento tipo transformador entre a bobina do leitor e a bobina da etiqueta, assim uma tensão induzida na bobina da etiqueta gerada pelo leitor é retificada e utilizada como fonte de alimentação para o microchip da etiqueta.

Entretanto, diferente dos sistemas Full-Duplex e Half-Duplex, nos sistemas sequenciais a transmissão feita pelo leitor não é contínua. O funcionamento do sistema consiste em três operações: carga, leitura e descarga, de acordo com a figura 28.

Figura 28: Caminho de tensão do capacitor de carga de um transponder SEQ acoplado indutivamente durante a operação .



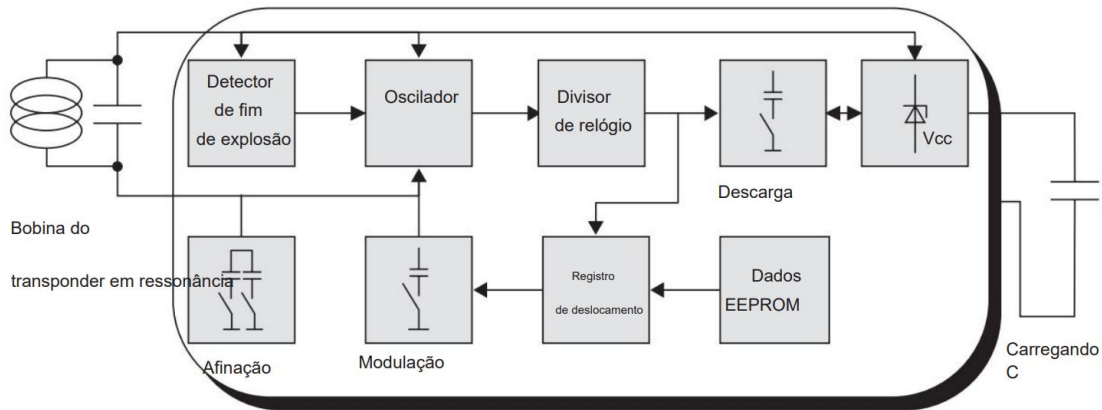
Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

Durante a operação de carga, o dispositivo de leitura alimenta o capacitor do transponder o qual armazena essa energia a fim de utilizá-la posteriormente para a transmissão de dados, ou seja, na operação de leitura. [6]

Na operação de leitura o transmissor do leitor é desligado ficando apenas em stand-by para receber as informações que estão sendo enviadas pela etiqueta. Após esse período de transmissão da etiqueta, ocorre o período de descarga, no qual é descarregado o resto da energia armazenada no capacitor.

A modulação do sinal de radiofrequência gerado na ausência de uma fonte de alimentação é feita através da adição, paralelamente ao circuito ressonante, de um capacitor que é ativado no instante de tempo que ocorre o fluxo de dados. Ao fechar a chave do capacitor de modulação, ocorre um deslocamento na frequência, o que gera uma modulação FSK.

Figura 29: Diagrama de blocos de uma etiqueta RFID sequencial usando acoplamento indutivo.



Fonte: KLAUS FINKENZELLER (2010).

3 PADRONIZAÇÃO E ORGANIZAÇÕES REGULAMENTADORAS

Com toda a abrangência que os sistemas RFID apresentam, se torna evidente a necessidade de um padrão de seguimento para a tecnologia. A padronização é um aspecto importante de qualquer tecnologia desde a sua incubação até a maturidade, ela apresenta vantagens tanto para fornecedores quanto para clientes. Atualmente duas organizações estão mais envolvidas no desenvolvimento de padrões para tecnologia RFID. São elas: Organização Internacional para Padronização (ISO) e EPCglobal.

3.1 Organização Internacional para Padronização (ISO)

A Organização Internacional de Normalização é uma associação internacional de organismos nacionais de normalização de 148 países, com um membro por país. Foi fundada em 1947 com sede em Genebra, Suíça. A ISO produz diretrizes, procedimentos e políticas sobre uma ampla gama de questões e aplicações. As normas produzidas pela ISO fornecem um modelo para os organismos membros desenvolverem as suas próprias normas. Os reguladores podem adotar estas normas ISO inalteradas ou modificá-las para se adequarem às condições ou requisitos locais. O resultado são padrões internacionalmente compatíveis, consistentes e claros. [2]

3.2 EPCglobal

Em 2003 foi criado o grupo EPCglobal formado por representantes de empresas de vários ramos da indústria e varejo com o objetivo de definir a padronização EPC. Neste padrão, um número único (EPC) é utilizado para identificar um produto específico. Este número é armazenado em um tag RFID e, após identificado pelo sistema de leitura, é possível obter informações sobre o produto como origem e data de fabricação. As informações sobre os produtos estão armazenadas em um banco de dados mundial chamado EPCglobal Network. [2]

3.3 Padrões ISO e RFID

Os padrões RFID no nível do item são descritos para ISO no padrão ISO-IEC de identificação automática e captura de dados. A estrutura padrão ISO/IEC é descrita em SG1, SG3 e WG3.

O SG1 é responsável pelo conteúdo dos dados e inclui a descrição da interface de aplicação do protocolo de dados ISO/IEC 15961 e as regras de codificação de dados do protocolo de dados ISO/IEC 15962.

O SG3 é responsável pelos padrões de interface aérea da série ISO/IEC 18000 em <135 KHz, 13,56 MHz, 433 MHz, 860–960 MHz e 2,45 GHz. O ISO/IEC 18000, Padrão de Identificação de Radiofrequência para Gerenciamento de Itens – Interface Aérea é descrito nas partes a seguir.

- Parte 1: Comunicação de interface aérea para frequências aceitas globalmente;
- Parte 2: Comunicação de Interface Aérea abaixo de 135 KHz;
- Parte 3: Comunicação de Interface Aérea em 13,56 MHz;
- Parte 4: Comunicação de interface aérea em 2,45 GHz;
- Parte 5: Comunicação de interface aérea em 5,8 GHz;
- Parte 6: Interface Aérea em 860–930 MHz;
- Parte 7: Interface Aérea em 433,92 MHz.

18000-1 Parte 1: O escopo desta norma é descrever a arquitetura de referência para identificação por radiofrequência para gerenciamento de itens e estabelecer os parâmetros que serão determinados em qualquer definição de interface aérea padronizada na série ISO 18000.

18000-2 Parte 2: Cobre frequências abaixo de 135 kHz. Possui dois tipos, A (full duplex) e B (half duplex). Esses tipos são diferentes na camada física. Uma etiqueta full duplex pode se comunicar com um leitor enquanto o leitor se comunica simultaneamente com a etiqueta. Uma etiqueta half duplex suporta comunicação bidirecional com um leitor, mas apenas um dispositivo, a etiqueta ou o leitor, pode se comunicar por vez.

18000-3 Parte 3: Este padrão fornece camada física, sistema de gerenciamento de colisão e valores de protocolo para sistemas RFID para identificação de itens operando em 13,56 MHz e descreve dois modos de operação não interferentes e não interoperáveis. Ambos os modos usam um identificador de 64 bits:

O Modo 1 possui um recurso de bloqueio que não é protegido por senha. Se o tag receber o comando lock, ele bloqueia permanentemente a área correspondente da memória.

O Modo 2 possui uma senha de 48 bits usada para proteger o acesso à memória. A tag pode ser configurada para exigir ou não esta senha. Se necessário, os comandos de leitura e gravação exigirão que o leitor emita a senha correta de 48 bits. O comando lock pode ser usado para proteger permanentemente um bloco de memória contra gravação.

18000-4 Parte 4: Abrange sistemas operando em 2,45 GHz. Este padrão tem dois modos: um modo de leitor de tags passivo fala primeiro e um modo tag-fala-primeiro assistido por bateria.

18000-5 Parte 5: Este padrão fornece valores de camada física, sistema anticolisão e protocolo para sistemas RFID para identificação de itens operando em 5,8–5,9 GHz.

18000-6 Parte 6: Define três tipos de tags. Os tipos A e B operam em 860-930 MHz, mas usam diferentes métodos de codificação e anticolisão no canal direto. O Tipo C é equivalente ao padrão EPCglobal Classe 1 Geração 2.

18000-7 Parte 7: um protocolo RTF para um sistema RFID que opera a 433 MHz. As tags têm um ID de tag de 32 bits e um ID do fabricante de 16 bits. Os leitores também recebem um identificador de 16 bits. Uma senha de 32 bits pode ser definida nas tags. Um bit, denominado 'bit seguro' no padrão, é definido para determinar se a tag é protegida por senha ou não. Se protegido, a leitura/gravação do ID do usuário, o comprimento do ID do usuário, o código de roteamento e a memória são protegidos por senha.

3.3.1 Outras normas de padronização internacionalmente utilizadas

ISO 11784 e ISO 11785 São dois padrões que definem regras para a utilização de etiquetas RFID em animais. Enquanto a ISO 11784 define a estrutura do código de identificação da tag inserida sob a pele do animal, a ISO 11785 define como é feita a ativação do tag e como a informação nele contida é transmitida para o receptor.

ISO 10536, ISO 14443 e ISO 15693 Padrões que definem o funcionamento de cartões de identificação por aproximação. O padrão ISO 10536 define as características dos cartões utilizados, enquanto o ISO 14443 define os protocolos utilizados na transmissão de dados sem fio. O padrão ISO 15693 define os protocolos utilizados em cartões que têm uma distância de leitura maior que os cartões de aproximação (até 1,5m).

4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SISTEMA RFID UTILIZADO NAS BIBLIOTECAS DA UFU

Antes de realizar o desenvolvimento do projeto, é necessário entender a estrutura do sistema RFID já presente na biblioteca do campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia. Seu sistema conta com duas funções principais sendo elas, a função utilizando tags RFID anexadas nos materiais do acervo da biblioteca, com a finalidade de realizar a automatização do sistema de empréstimo e devolução, e a utilização de fitas magnéticas utilizadas para compor o sistema de antifurto da biblioteca.

Como citado no capítulo 1, a motivação do desenvolvimento deste trabalho é a ausência do funcionamento da máquina de autodevolução de livros da biblioteca do campus Santa Mônica UFU, com isso, este trabalho consiste em desenvolver um novo sistema de empréstimo e autodevolução baseado no sistema já existente, com baixo custo. O trabalho não visa abranger a área de segurança dos materiais do acervo, portanto o sistemas como o de antifurto não foram desenvolvidos.

4.1 Software de administração do acervo da biblioteca

O Sistema RFID da biblioteca conta com uma interface de usuário, um software que administra o processo de empréstimo ou devolução, comunicando com o banco de dados onde estão os registros dos livros do acervo e os dados dos alunos da ufu, possibilitando que um aluno cadastrado no sistema da biblioteca realize o escaneamento da tag RFID presente no livro e através da interface, insira o seu login de acesso, registrando assim no sistema da biblioteca a ação de empréstimo ou devolução como mostrado na figura 30.

5 DESENVOLVIMENTO

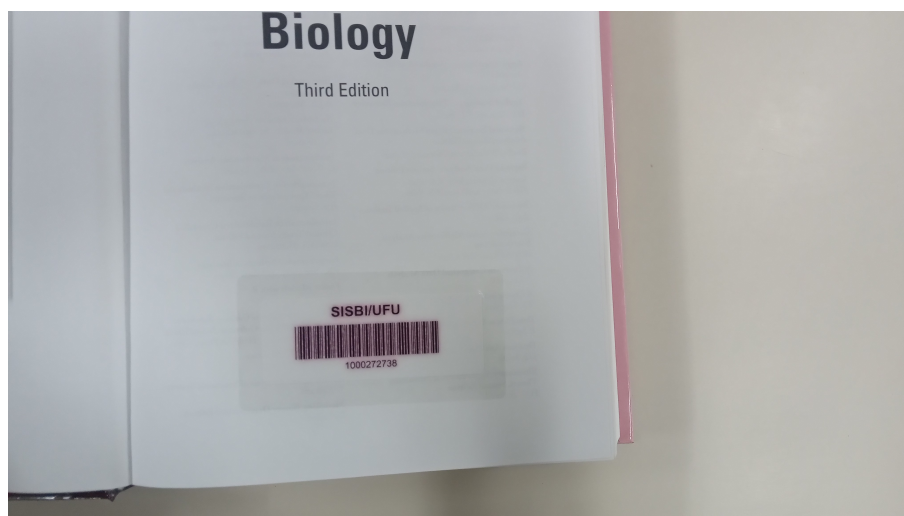
Neste capítulo, será descrito o procedimento executado na construção do protótipo de um sistema de autodevolução de livros para a bibliotecas, o sistema foi projetado de forma a obter o melhor resultado, com o mínimo de custo o possível.

5.1 Arquitetura do sistema de empréstimo e autodevolução

A arquitetura do sistema de auto devolução de livros deste trabalho, consiste em um sistema capaz de processar a entrada e saída de materiais de um acervo, previamente registrados em um banco de dados, informações como, título, autor, ano de publicação, Tombo(Número do SISBI/UFU), biblioteca e número de chamada. Há a necessidade de um segundo banco de dados onde nele conterà informações dos usuários do sistema, para que assim seja possível abrir o registro de empréstimo relacionando o livro que foi retirado do acervo com a pessoa que o retirou. Assim, a auto devolução poderá ser feita de forma automática, pois o sistema conterà em seus registros todas as informações necessárias para a atualização de seu banco de dados do acervo.

O número do SISBI/UFU (Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Uberlândia) é um número único dado a cada material pertencente ao acervo da biblioteca, por meio deste número é feito o controle de materiais presentes ou ausentes no acervo das bibliotecas da UFU. O número de SISBI/UFU normalmente é anexado aos materiais através de uma etiqueta pregada nas costas da capa ou contracapa de livros, como é mostrada a figura 31.

Figura 31: Etiqueta contendo o número do SISBI/UFU.

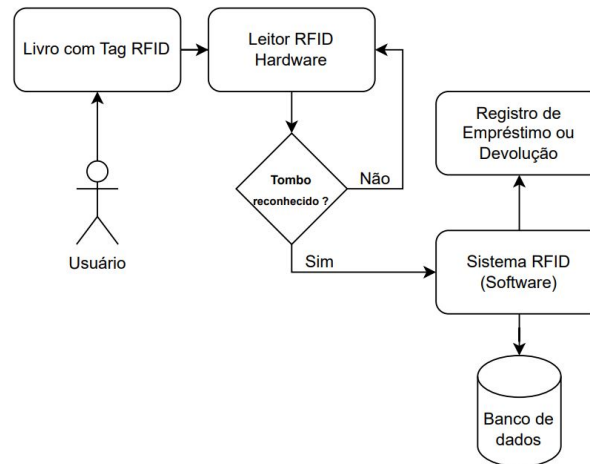


Fonte: Autor.

O número do SISBI/UFU é gravado na memória das tags RFID contidas nos materiais passando assim a ser chamado de Tombo. O tombo é lido pelo leitor/gravador RFID e enviado para o software do sistema, assim o sistema pode encontrar através do número do Tombo, qual livro está sendo emprestado ou devolvido no acervo.

A figura 32, apresenta de forma simplificada o escopo do projeto, onde o usuário que necessita realizar um empréstimo ou devolução, deve posicionar o livro ou material sobre o sensor RFID, que por sua via, realiza a leitura do número do Tombo presente no chip de sua etiqueta RFID. Após a ação descrita, o sensor RFID envia o número do Tombo para um software de processamento, que realiza uma busca pelo material no banco de dados e o seu registro de empréstimo ou devolução.

Figura 32: Diagrama sobre o funcionamento do simplificado do sistema RFID.



Fonte: Autor.

5.2 Detalhes da Implementação

5.2.1 Leitura da tag RFID de livros presentes no acervo da biblioteca

Como citado anteriormente, as etiquetas RFID anexadas nos materiais da biblioteca da UFU, carregam em seus chips os números do SISBI/UFU também denominados de Tombos. Realizar a leitura destes números contidos nos chips das etiquetas RFID, é o primeiro passo para a construção do projeto, e para concluir esta etapa, o hardware escolhido foi o NXP PN5180(leitor/gravador RFID), ilustrado na figura 33.

Figura 33: Sensor RFID PN5180.

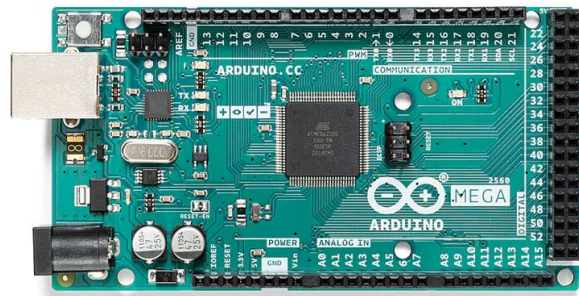


Fonte: Autor.

O PN5180 é um IC frontend NFC de saída de alta potência altamente integrado para comunicação sem contato a 13.56 MHz. Este circuito integrado implementa a funcionalidade RF e todas as funcionalidades de baixo nível para realizar um leitor compatível com NFC Forum. O NXP PN5180 suporta o protocolo de vizinhança conforme ISO/IEC 15693 e ISO/IEC 18000-3 MODO 3. [11]

Este leitor/gravador RFID possui uma antena já inclusa e se integra como um micro-controlador Arduino Mega 2560, assim ao realizar a leitura da tag RFID o leitor PN5180 envia os dados para o arduino, onde o mesmo consegue realizar o processamento dos dados lidos no chip contido na tag.

Figura 34: Arduino Mega 2560.



Fonte: Arduino Official Store (2023).

Para promover a comunicação entre o sensor PN5180 e o arduino, foi necessário utilizar a biblioteca disponível no repositório do Github[13], já que a Arduino IDE não possui suporte para esse tipo de sensor. Com isso, é possível configurar os protocolos ISO/IEC 15693 e ISO/IEC 18000-3 no uso do sensor, pois as tag RFID utilizadas nos segue esta padronização.

Após isso, foi possível realizar a leitura dos dados contidos na tag RFID do livro ao pousar o livro sobre o sensor, porém como o sensor PN5180 possui um antena anexada com capacidade limitada (4cm x 4cm), faz-se necessário que a tag presente seja colocada de forma alinhada com a antena do sensor para a realização da leitura.

Figura 35: Leitura do número do SISBI/UFU gravado na tag presente em um livro.

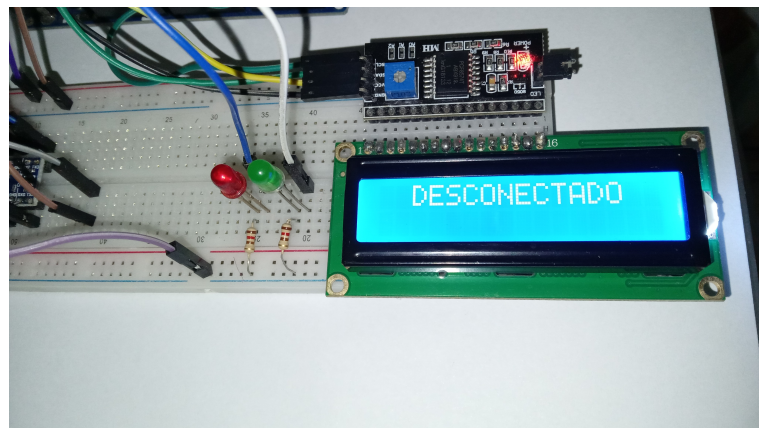


Fonte: Autor.

A figura 35 apresenta o monitor de serial da interface Arduino IDE[14] e nela ilustra o número do Tombo presente no chip de uma tag RFID presente em um livro na saída serial do Arduino.

Ainda na etapa de leitura da tag RFID, uma interface foi adicionada ao hardware contendo um display lcd e dois leds, figura 36. Assim, para a realização de leitura da tag não seria mais necessário abrir a interface Arduino IDE para verificar a leitura da tag RFID.

Figura 36: Interface do hardware utilizado para leitura de tags RFID.



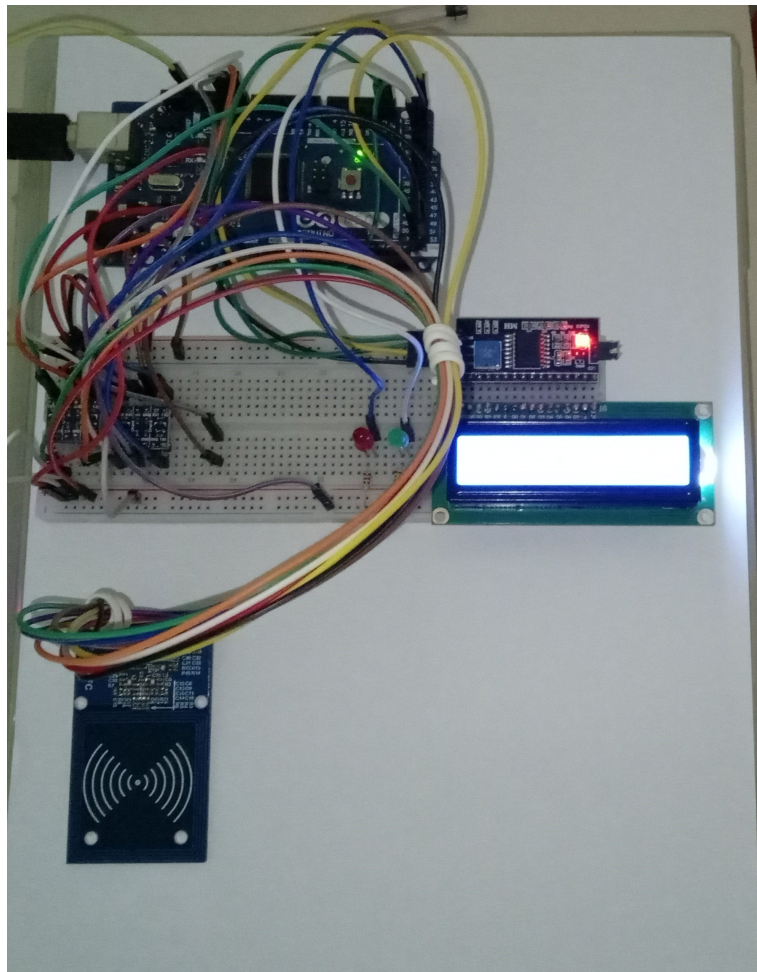
Fonte: Autor.

Na figura 37 é mostrado o protótipo do hardware de leitura RFID em um protoboard, os componentes que compõem o protótipo incluem:

- Sensor RFID PN5180;
- Arduino Mega 2560;
- 2 Leds - vermelho e verde;

- 2 conversores de nível lógico - necessário pois as saídas do arduino é nos níveis lógicos de (0v e 5v) e a do sensor PN5180 são (0v - 3.3v);
- Módulo I2C;
- Display lcd 2x16 I2C.

Figura 37: Protótipo de leitor de tags RFID.



Fonte: Autor.

Por fim, o hardware necessário para realizar os procedimentos de leitura das tags RFID é concluído.

5.2.2 Banco de dados

Após concluir a leitura do número do Tombo presente na tag RFID, é necessário ter um banco de dados, para que seja possível relacionar o número do Tombo com as informações reais do livro. Para isso, foi utilizado um banco de dados que contém o acervo de livros da biblioteca campus Educação Física da UFU. O banco de dados contém informações de cerca de 8149 livros, esse dados foram obtidos através de um funcionário da biblioteca por meio de um arquivo .xlsx, como mostra a figura 38.

Figura 38: Dados de livros presentes no acervo da biblioteca campus Educação Física .

Código	Título	Material	Número de chamada	Ent. principal	Tombo	Ano	Volume	Localização	Biblioteca
73577	O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa	Livro	001.8 A474m 2.ed.	Alves-Mazzotti, Judith	Alda 1000212007	1999		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
73577	O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa	Livro	001.8 A474m 2.ed.	Alves-Mazzotti, Judith	Alda 1000212008	1999		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
73577	O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa	Livro	001.8 A474m 2.ed.	Alves-Mazzotti, Judith	Alda 1000212009	1999		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
73577	O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa	Livro	001.8 A474m 2.ed.	Alves-Mazzotti, Judith	Alda 1000212010	1999		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
73577	O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa	Livro	001.8 A474m 2.ed.	Alves-Mazzotti, Judith	Alda 1000212011	1999		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
121	Metodologia da pesquisa científica	Livro	001.8 A854mP	Asti Vera, Armando, 1914-1972	1000000541	1973		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
121	Metodologia da pesquisa científica	Livro	001.8 A854mP	Asti Vera, Armando, 1914-1972	1000000542	1973		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
39725	Metodologia científica: para uso dos estudantes universitários	Livro	001.8 C419m 3.ed.	Cervo, Amado Luiz	1000027607	1983		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
75007	Iniciação à pesquisa científica	Livro	001.8 G639I	Gonsalves, Pereira, 1965-	Elisa 1000211949	2003		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
75007	Iniciação à pesquisa científica	Livro	001.8 G639I	Gonsalves, Pereira, 1965-	Elisa 1000211950	2003		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
75007	Iniciação à pesquisa científica	Livro	001.8 G639I	Gonsalves, Pereira, 1965-	Elisa 1000211951	2003		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
42511	Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis	Livro	001.8 L192m	Lakatos, Eva Maria	1000175200	1983		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
42511	Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis	Livro	001.8 L192m	Lakatos, Eva Maria	1000175201	1983		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
115388	Metodologia científica: ciência e conhecimento científico ; métodos científicos ; teoria, hipóteses e variáveis ; metodologia jurídica	Livro	001.8 L192m 6.ed. rev. e ampl.	Marconi, Marina de Andrade, 1923-	1000385490	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA

Fonte: Autor.

A figura 38 mostra os dados abertos através do software Excel, é possível verificar diversos campos de informações dos livros, bem como: código, título, material, número de chamada, entidade principal, Tombo, ano, volume, localização e biblioteca.

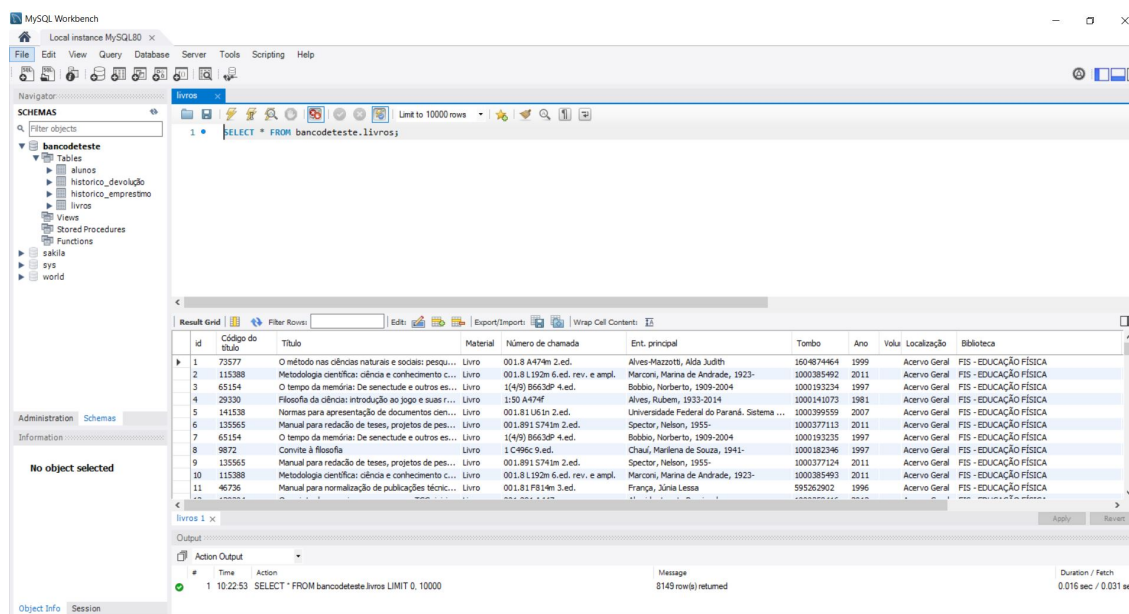
Dentre todas as informações, o número presente no Tombo faz-se o de maior importância, pois mesmo que a biblioteca possua várias cópias de um mesmo livro, o que implica que todas as informações presentes nos campos informações do banco de dados serão idênticas, exceto o do Tombo. O Tombo é um número único presente em cada livro e se encontra gravado no chip da tag RFID contida no livro.

Os dados mostrados na figura 38, que estavam no formato .xlsx, formato aceito pelo Excel, foram exportados para outro tipo de banco de dados, desta vez, o MySQL.

O MySQL é um banco de dados completo, robusto e rápido, com todas as características existentes nos principais bancos de dados pagos existentes no mercado. Uma de suas peculiaridades são suas licenças para uso gratuito, tanto para fins acadêmicos como para realização de negócios, possibilitando que na maioria dos casos ele seja utilizado livremente. [15]

O MySQL também é uma interface de usuário chamada MySQL Workbench, figura 39, por ela é possível visualizar o formato que os dados estão salvos, além de realizar modificações no mesmo, facilitando o processo de administração de dados.

Figura 39: Interface Do MySQL, MySQL Workbench



Fonte: Autor.

Pode-se notar que o MySQL, organiza os dados em formato de uma tabela, e nele pode-se utilizar códigos para aplicar filtros nos dados, por exemplo, na figura 35, o Tombo lido na tag RFID foi 11811013, com isso através do MySQL, é possível filtrar qual livro corresponde a um número de Tombo igual a esse.

Na figura 40, há uma demonstração onde selecionamos o banco de dados e a tabela que contém os dados dos livros registrados, utilizando o comando 'SELECT * FROM bancodeteste.livros;'.

Figura 40: Tabela com os dados referente a livros do acervo, MySQL Workbench

id	Código do título	Título	Material	Número de chamada	Ent. principal	Tombo	Ano	Volu	Localização	Biblioteca
1	73577	O método nas ciências naturais e sociais: pesqu...	Livro	001.8 A474m 2.ed.	Alves-Mazzotti, Alda Judith	1604874464	1999		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
2	115388	Metodologia científica: ciência e conhecimento c...	Livro	001.8 L192m 6.ed. rev. e ampl.	Marconi, Marina de Andrade, 1923-	1000385492	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
3	65154	O tempo da memória: De senectute e outros es...	Livro	1(4/9) B663DP 4.ed.	Bobbio, Norberto, 1909-2004	1000193234	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
4	29330	Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas r...	Livro	1:50 A474f	Alves, Rubem, 1933-2014	1000141073	1981		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
5	141538	Normas para apresentação de documentos cien...	Livro	001.81 U6 In 2.ed.	Universidade Federal do Paraná. Sistema ...	1000399559	2007		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
6	135565	Manual para redação de teses, projetos de pes...	Livro	001.891 S741m 2.ed.	Spector, Nelson, 1955-	1000377113	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
7	65154	O tempo da memória: De senectute e outros es...	Livro	1(4/9) B663DP 4.ed.	Bobbio, Norberto, 1909-2004	1000193235	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
8	9872	Convite à filosofia	Livro	1 C496c 9.ed.	Chaul, Marilena de Souza, 1941-	1000182346	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
9	135565	Manual para redação de teses, projetos de pes...	Livro	001.891 S741m 2.ed.	Spector, Nelson, 1955-	1000377124	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
10	115388	Metodologia científica: ciência e conhecimento c...	Livro	001.8 L192m 6.ed. rev. e ampl.	Marconi, Marina de Andrade, 1923-	1000385493	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
11	46736	Manual para normalização de publicações técnic...	Livro	001.81 F814m 3.ed.	França, Júlia Lessa	595262902	1996		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
12	129304	O projeto de pesquisa passo a passo: TCC, inici...	Livro	001.891 A447b	Almeida, Laerte Pereira de	1000358416	2012		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
13	135565	Manual para redação de teses, projetos de pes...	Livro	001.891 S741m 2.ed.	Spector, Nelson, 1955-	1000377114	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
14	89303	Monografias científicas: tcc, dissertação, tese	Livro	001.891 Sc237m	Santos, Clóvis Roberto dos	1000239234	2005		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
15	9892	O que é positivismo	Livro	1(4/9) C741. yr 2.ed.	Ribeiro Júnior, João, 1939-	1000179670	1994		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
16	40180	Introdução ao projeto de pesquisa científica	Livro	001.8 R916i 3.ed.	Rudio, Franz Victor, 1925-1993	1000292223	1980		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
17	135565	Manual para redação de teses, projetos de pes...	Livro	001.891 S741m 2.ed.	Spector, Nelson, 1955-	1000377115	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
18	129304	O projeto de pesquisa passo a passo: TCC, inici...	Livro	001.891 A447b	Almeida, Laerte Pereira de	1000358417	2012		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
19	40180	Introdução ao projeto de pesquisa científica	Livro	001.8 R916i 3.ed.	Rudio, Franz Victor, 1925-1993	1000292224	1980		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA

Fonte: Autor.

Após selecionar a tabela, facilmente um filtro de pesquisa pode ser adicionado utilizando o comando 'SELECT * FROM livros where Tombo = '11811013' como mostra a figura 41. Assim, como a informação do Tombo é possível realizar uma pesquisa e saber exatamente a qual livro se refere. Para realizar um empréstimo ou devolução de um livro, os usuários precisam estar registrados no sistema, com isso, um sistema de cadastro foi simulado e um banco de dados com informações de alunos foi criado com o objetivo de realizar uma simulação.

Figura 41: Pesquisa realizada no MySQL Workbench, utilizando o Tombo

id	Código do título	Título	Material	Número de chamada	Ent. principal	Tombo	Ano	Volu	Localização	Biblioteca
8105	11811013	Death Note	Livro	741.02	Tsugumi Qhba, 2003	11811013	2003	v.2	Livro do Ma...	TCC-Devolução Eletrônica

Fonte: Autor.

Outros dois bancos de dados foram criados para fins de registro de histórico, como por exemplo, o registro do dia em que um livro foi emprestado ou devolvido, o dia em que

ocorreu e por quem ocorreu a ação. O banco de dados geral, se divide em quatro outros sub-bancos, que são:

- Banco de dados contendo o registro dos livros contidos no acervo;
- Banco de dados contendo o registro dos alunos para o funcionamento do sistema;
- Banco de dados usado para registrar informações do empréstimo;
- Banco de dados usado para registrar informações da devolução.

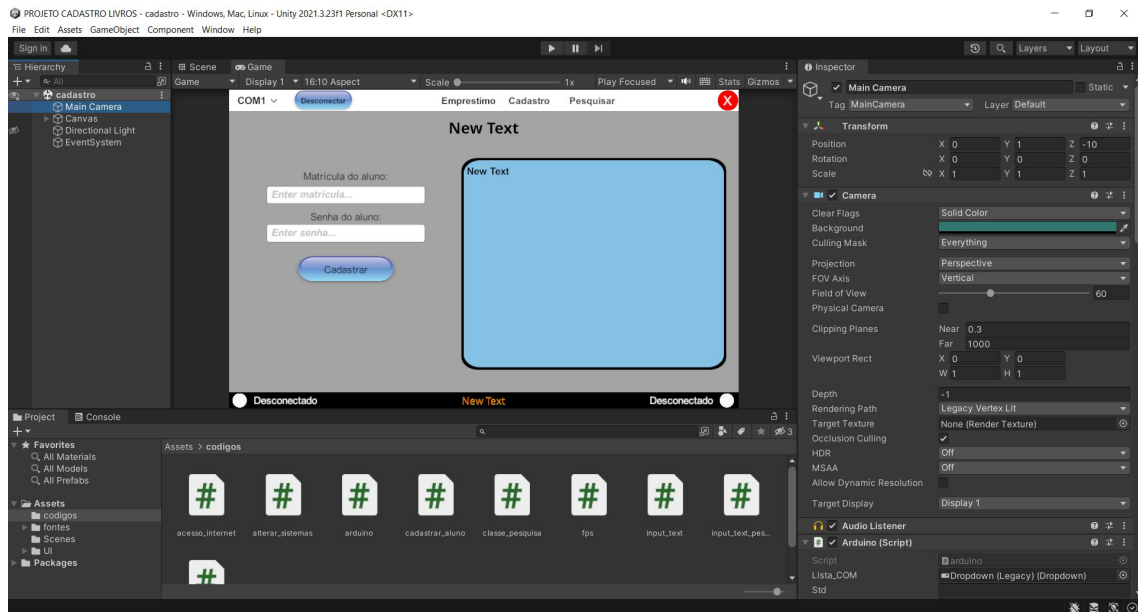
De modo geral, o banco de dados necessários para o funcionamento do protótipo construído foi descrito acima, nas próximas subseções serão abordados mais detalhes de suas operações.

5.2.3 Desenvolvimento do software de integração

Após desenvolver o modo de leitura das tags RFID e criar a estrutura do banco de dados para o funcionamento do sistema, um software foi desenvolvido para realizar a interação entre ambos, hardware e banco de dados, esse software possui duas interfaces são: a interface de empréstimo e a de devolução, por meio delas ocorre a integração do sistema. Para a criação do software, a engine Unity foi escolhida por sua fácil integração a Arduinos, a banco de dados MySQL e por afinidade do autor.

Unity é uma plataforma de desenvolvimento de jogos e aplicativos interativos em 2D ou 3D, ela consegue ser ampla no quesito de desenvolvimento, incluindo jogos para desktop, consoles, dispositivos móveis, realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR), simulações, aplicativos de treinamento entre outros. Na figura 42, é possível visualizar o editor de desenvolvimento da unity e sua interface gráfica.

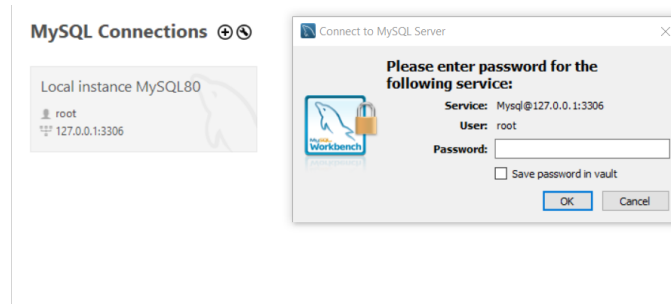
Figura 42: Interface do editor da Unity



Fonte: Autor.

O meio de comunicação entre a Unity e o banco de dados no MySQL é realizado através de uma conexão local, acessando o banco de dados criado e inserindo a senha de login do mesmo, o sistema procura estabelecer a conexão cujo usuário tenha o nome 'root', como mostra a figura 43. Esta conexão é estabelecida pela Unity sempre que o sistema precisar realizar alguma operação utilizando o banco de dados, seja um registro, uma modificação ou leitura.

Figura 43: conexão local, interface Workbench MySQL



Fonte: Autor.

Concluído a escolha da engine unity para desenvolvimento, as interfaces de empréstimo e devolução foram desenvolvidas. A primeira interface apresenta o sistema para realizar o empréstimo do livro, de antemão, uma aba na interface contém um formulário para que assim possa ser realizado o cadastro do usuário no sistema.

O Cadastro do usuário, consiste em registrá-lo no banco de dados "alunos" para que assim o sistema possa 'saber' os dados de quem estaria realizando o empréstimo do livro. Além disso, como o sistema possibilita um auto empréstimo, para evitar que terceiros retirem livros no nome do usuário um sistema de login foi estabelecido. Na figura 44, é apresentada a interface de empréstimo na aba de cadastro de usuários.

Figura 44: Interface de empréstimo, cadastro de usuários

COM6 ▾ Conectar Emprestimo **Cadastro** Pesquisar

Cadastro de alunos

Nome do aluno
Nome do aluno...

Matrícula do aluno
Matrícula do aluno...

Email do aluno
Email do aluno...

Insira uma senha
Insira uma senha...

Insira a senha novamente
Insira a senha novamente...

Cadastrar

Desconectado Internet

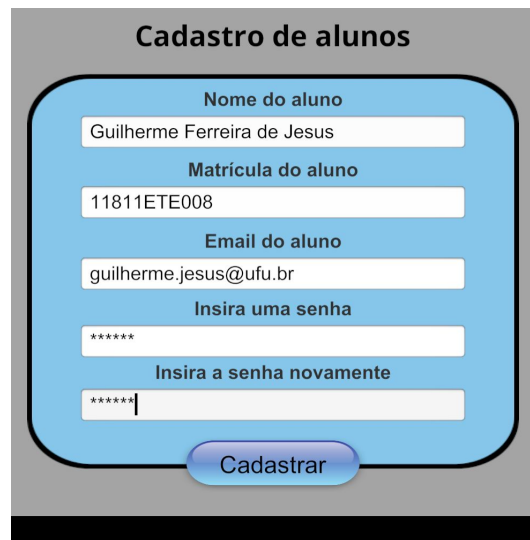
Fonte: Autor.

O funcionamento desta aba de cadastro, consiste em obter as seguintes informações:

- Nome do aluno;
- Número de matrícula do aluno;
- Email de contato do aluno;
- Uma senha para login;
- Confirmação de senha para login.

Após o preenchimento deste formulário, basta clicar no botão “cadastrar” e os dados serão registrados no banco de dados do sistema, o software realiza a conexão com o MySQL, procura a tabela com o nome “alunos” e nela registra os dados descritos acima. A figura 45, exemplifica a operação descrita.

Figura 45: Cadastro dos alunos no sistema.



Cadastro de alunos

Nome do aluno
Guilherme Ferreira de Jesus

Matrícula do aluno
11811ETE008

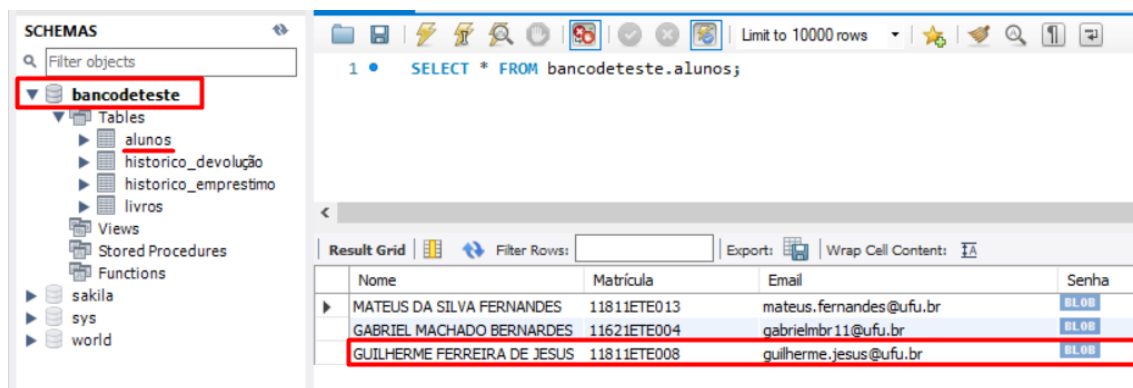
Email do aluno
guilherme.jesus@ufu.br

Insira uma senha

Insira a senha novamente

Cadastrar

Preenchimento do formulário de cadastro (a).



SCHEMAS

Filter objects

bancodeteste

- Tables
 - alunos
 - historico_devolucao
 - historico_emprestimo
 - livros
- Views
- Stored Procedures
- Functions
- sakila
- sys
- world

1 • SELECT * FROM bancodeteste.alunos;

Result Grid

Nome	Matrícula	Email	Senha
MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	mateus.fernandes@ufu.br	BL08
GABRIEL MACHADO BERNARDES	11621ETE004	gabrielmbr11@ufu.br	BL08
GUILHERME FERREIRA DE JESUS	11811ETE008	guilherme.jesus@ufu.br	BL08

Registro dos dados na tabela "alunos", presente no banco de dados(b).

Fonte: Autor.

Na figura 45(b), estão presentes os dados, Nome, Matrícula, Email e Senha, identifica-se também que o campo senha não se apresenta de maneira legível, isso deve-se ao fato que a senha é criptografada ao ser registrada no banco de dados. A figura 46, apresenta o que há no campo de senha quando se tenta converter o dado presente em texto legível.

Figura 46: Senha criptografada pelo banco de dados

Nome	Matrícula	Email	Senha
MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	mateus.fernandes@ufu.br	BL0B
GABRIEL MACHADO BERNARDES	11621ETE004	gabrielmbr11@ufu.br	BL0B
GUILHERME FERREIRA DE JESUS	11811ETE008	guilherme.jesus@ufu.br	BL0B

Edit Data for Senha (VARBINARY)

Binary Text

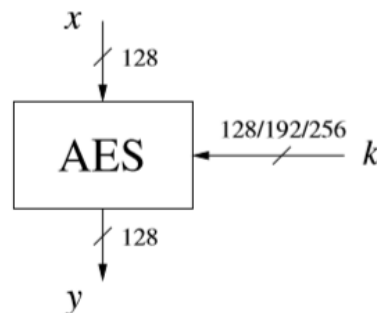
1 HôY³US;ÝPUBqX9[©hú²

Fonte: Autor.

Os caracteres da senha apresentada é muito diferente da senha registrada pelo usuário, graças ao método de criptografia Advanced Encryption Standard (AES) utilizado pelo MySQL. A criptografia AES foi publicada pelo National Institute of Standards and Technology (NIST) em 2001. AES consiste em uma cifra de blocos simétricos.[16]

No AES, a cifra de blocos é realizada apenas em blocos de 128 bits, o tamanho da chave de criptografia pode variar entre 128, 196 e 256 bits..

Figura 47: Parâmetros de entrada/saída AES



Fonte: Understanding Cryptography(2009) [17].

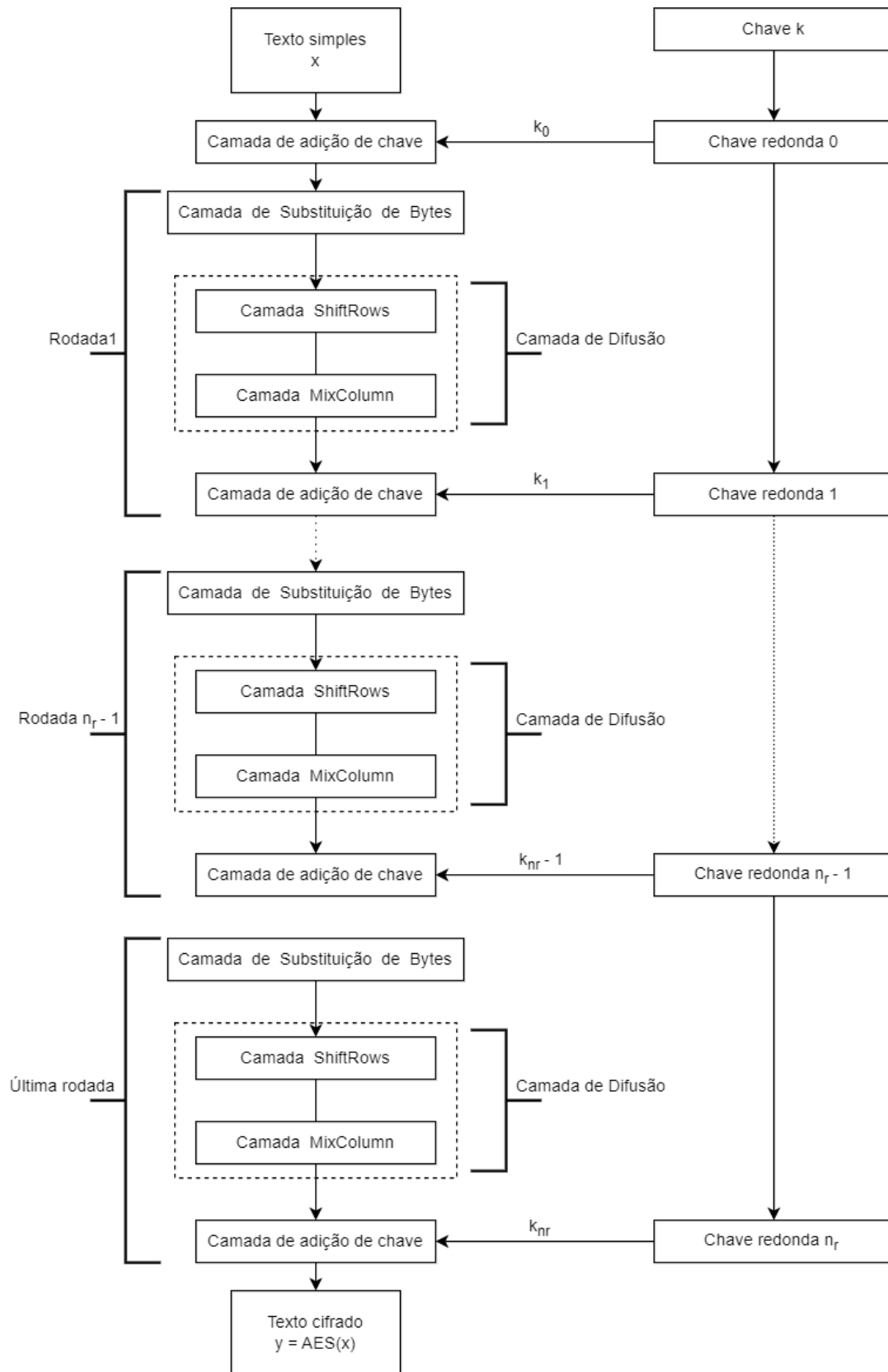
Ao contrário de outros métodos de criptografia como por exemplo o DES, o AES realiza a criptografia de todos os 128 bits do bloco em uma interação, e isso resulta um número de rodadas de interação relativamente pequeno quando comparados com outros métodos.[17]

O AES pode ser dividido em camadas, cada camada manipula todos os 128 bits do bloco. Existem apenas três tipos diferentes de camadas, cada rodada, exceto a primeira, consiste na operação de todas as três camadas, como apresenta a figura 48.

Uma breve apresentação das camadas consistentes no AES:

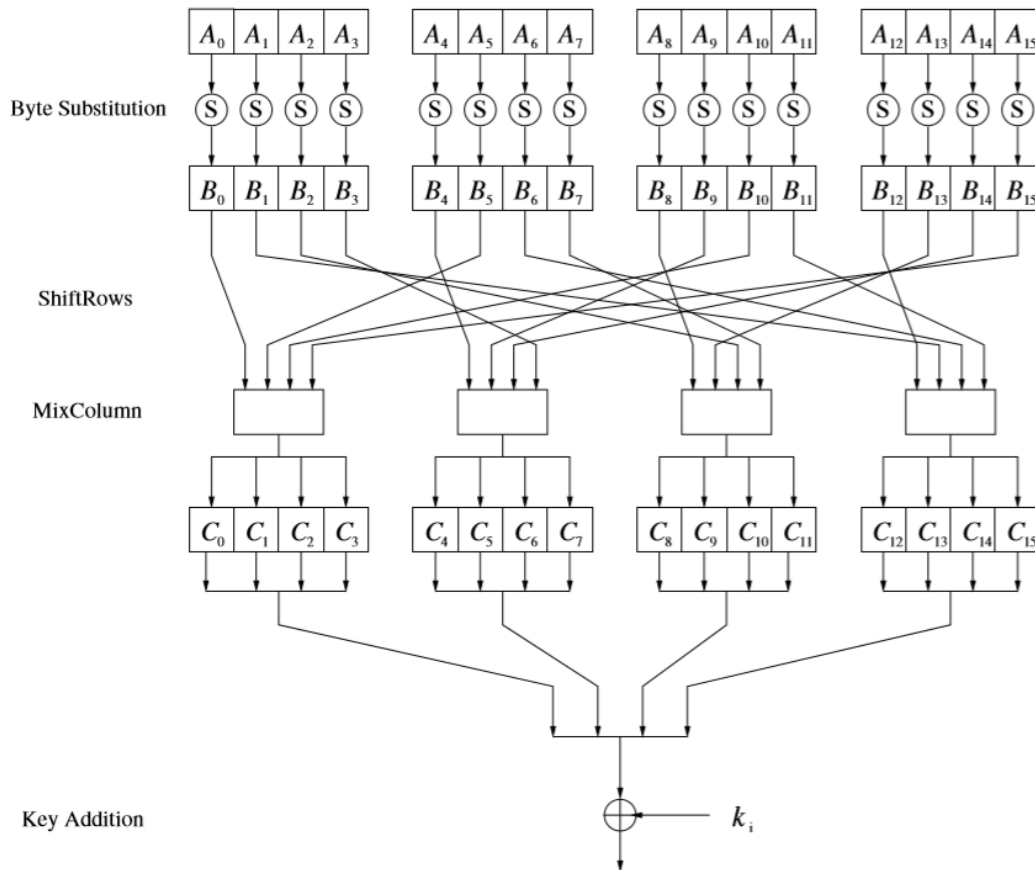
- **Camada de adição de chave** Uma chave redonda de 128 bits, ou subchave, que foi derivada da chave principal no agendamento de chave, é submetida a XOR para o estado do algoritmo.
- **Camada de substituição de bytes (S-Box)** Cada elemento do estado é transformado de forma não linear usando tabelas de pesquisa com propriedades matemáticas especiais. Isto introduz confusão nos dados, ou seja, garante que as mudanças nos bits de estado individuais se propaguem rapidamente pelo caminho dos dados.
- **Camada de difusão** Fornece difusão sobre todos os bits de estado. Consiste em duas subcamadas, ambas realizando operações lineares:
 1. A camada ShiftRows permuta os dados em nível de byte.
 2. A camada MixColumn é uma operação de matriz que combina (mistura) blocos de quatro bytes.

Figura 48: Diagrama de blocos de criptografia AES



A figura 49 apresenta o gráfico do início de uma rodada do AES, a entrada de 16 bytes $A_0, \dots, A_{15}$ alimentada byte a byte no caixa S, onde ocorre a substituição de Bytes, a saída de 16 bytes $B_0, \dots, B_{15}$ é permutada na camada de ShiftRows e misturado pela camada MixColumn, e por fim, a subchave k de 128 bits é adicionada pela operação XOR com o resultado intermediário.

Figura 49: Função de rodada AES para rodadas $1, 2, \dots, n_r - 1$



Fonte: Understanding Cryptography(2009) [17].

Esta é uma descrição básica do funcionamento da Criptografia AES, na criação da interface, ao inserir os dados de senha no MySQL, a criptografia é feita automaticamente, desta maneira, descrever as operações a fundo e seus cálculos matemáticos não é o objetivo deste trabalho. Os dados são inseridos no MySQL por meio da função "AES ENCRYPT", esta função requer apenas que seja declarado os argumentos, texto simples e chave de criptografia, por exemplo, caso seja escolhida a chave "batata123", e a minha senha seja "arvoredo", ao aplicar a função AES no MySQL ficaria: "INSERT INTO alunos (senha) VALUES (AES ENCRYPT('arvoredo', 'batata123'));"

Retomando ao processo de desenvolvimento da interface de empréstimo, a aba de cadastro de alunos conta com outras estruturas lógicas de desempenho, entre elas estão:

- verificação se todos campos de dados estão preenchidos;
- verificação se não há um cadastro feito com o numero de matricula inserido;
- verificação se os dados inseridos no campo de senha e confirmação de senha são idênticos.

Ao clicar no botão "cadastrar", todas as verificações acima são feitas, caso o preenchimento do formulário não seja atendido uma mensagem é exibida no terminal da interface e o cadastro não é realizado.

Figura 50: Exemplificação dos critérios do formulário de cadastro de alunos.

Emprestimo **Cadastro** Pesquisar

Cadastro de alunos

Nome do aluno
Aluno Fictício

Matrícula do aluno
11811XXX001

Email do aluno
email.ficticio@ufu.br

Insira uma senha

Insira a senha novamente

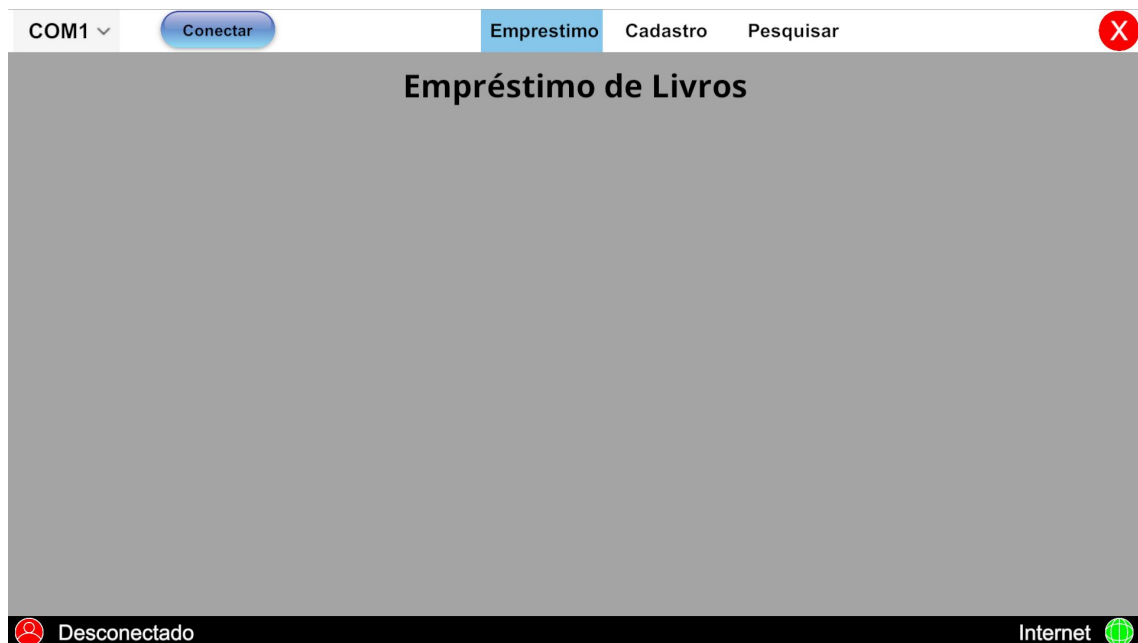
Cadastrar

Senhas não são idênticas

Fonte: Autor.

A figura 50 mostra um exemplo onde a senha e a confirmação de senha são diferentes. Caso atenda às condições do formulário é exibida no terminal da interface uma mensagem indicando que o cadastro foi concluído com sucesso. Após realizar o cadastro do aluno no sistema, o aluno cadastrado pode realizar o empréstimo do livro. Esta ação pode ser feita na aba de empréstimo da interface, como mostra a figura 51.

Figura 51: campo de empréstimo de livros da interface.



Fonte: Autor.

A aba de empréstimo realiza operações não só envolvendo o banco de dados no MySQL, mas também a comunicação com o Arduino que compõem o hardware de leitura RFID. Neste campo, há algumas funcionalidades a serem destacadas, dentre elas estão:

Escolha da porta COM, presente no canto superior esquerdo da figura 51, onde é feita a conexão com o arduino, pois o arduino se conecta ao desktop onde está sendo executado o software por meio de um cabo USB A/B, ou seja, por uma porta COM e como cada computador “enxerga” o Arduino em uma porta diferente, esta função apresentada na figura 52, possibilita que o software seja executado em diferentes máquinas sem que haja a necessidade de alterar o código fonte do software.

Figura 52: Portas COM disponíveis para conexão com Arduino.



Fonte: Autor.

Terminal da interface, presente na parte inferior da interface apresentando cor preta, este terminal exibe algumas informações sobre o estado da interface e avisos de operações. A esquerda é apresentado o status de conexão com o hardware de leitura RFID(Arduino), demonstrando se o Arduino estabeleceu uma conexão com a interface. O espaço livre no centro é utilizado para exibir operações do sistema, por exemplo: “Cadastro realizado com sucesso”, “Aluno já cadastrado no sistema”, “Empréstimo realizado com sucesso”, etc. Na direita é apresentado o estado de conexão da interface com a internet. A conexão com a internet tem importância pois, recibos de empréstimos e devolução são enviados por Email para o aluno.

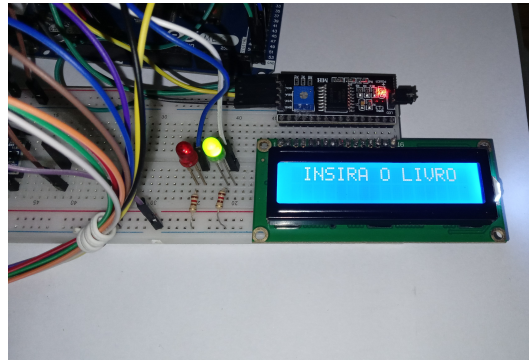
Figura 53: Terminal de estado do software.



Fonte: Autor.

Ao escolher a porta COM de conexão com o arduino e clicar no botão “conectar”, a conexão com o hardware é estabelecida, a interface do hardware(display e led verde) exibe uma informação demonstrando que o hardware está pronto para realizar o procedimento de leitura de tags RFID, como é mostrado na figura 54, vale ressaltar que o campo do terminal que exibe o status de conexão com o Arduino é alterado para “Conectado”, seguido da mudança de coloração de seu ícone para verde.

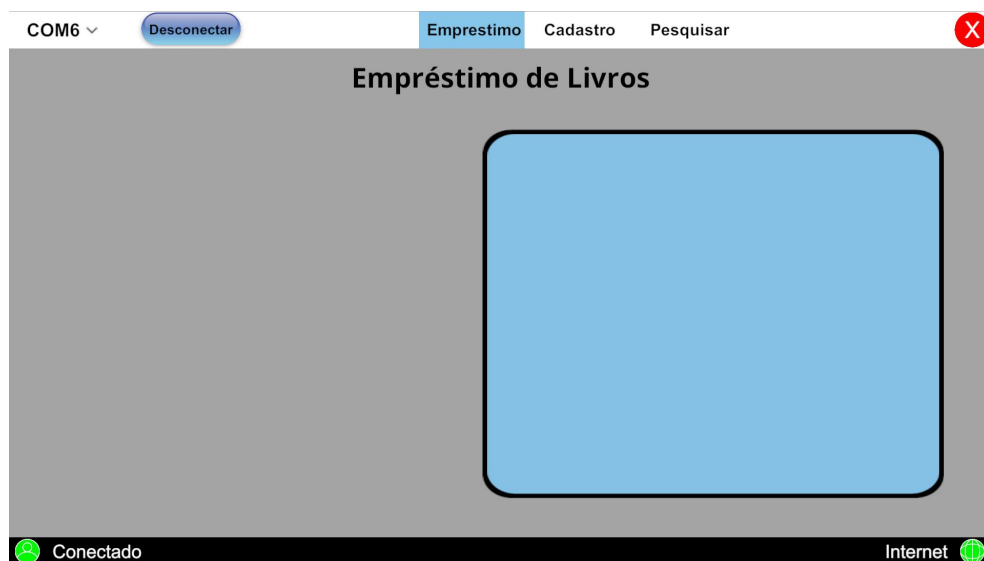
Figura 54: interface do hardware - estado de conexão(conectado).



Fonte: Autor.

Diferente da figura 51, onde é demonstrada a aba de empréstimo da interface sem conexão com o hardware de leitura RFID, a figura 55 à apresenta com a conexão com o hardware estabelecida, observa-se que o campo de status de conexão é alterado e um novo quadro de exibição na cor azul é apresentado. O quadro de exibição é utilizado para apresentar os dados referente ao livro que apresenta o tombo da tag lida pelo hardware.

Figura 55: interface da aba empréstimo do software - estado de conexão.



Fonte: Autor.

Quando a interface se encontra no status “conectado”, o sistema está pronto para realizar um empréstimo, para realizar a ação o usuário deve posicionar o livro sobre o

leitor PN5180(figura 33) para realizar a leitura de sua tag RFID, vale lembrar que neste protótipo a antena do leitor é limitado, logo, o usuário deve alinhar a tag RFID presente no livro com a antena do leitor.

O PN5180 irá realizar a leitura do número do Tombo presente na tag RFID do livro, e enviara a informação para o Arduino, por meio dele e através de um cabo USB A/B, o software receberá o número do Tombo, após o recebimento do Tombo, de maneira semelhante ao exemplo da figura 41, o software abrirá uma conexão com o banco de dados no MySQL e irá realizar uma pesquisa de qual livro aquele Tombo corresponde na tabela “livros” presente no banco de dados.

Após realizar a pesquisa, o software apresenta as informações do livro no quadro de exibição mostrado na figura 55. Após isso, um campo de entrada é exibido para que um usuário já cadastrado no sistema possa realizar seu login e seu empréstimo.

A figura 56 ilustra como a interface na aba de empréstimo se apresenta após o hardware realizar uma leitura de uma tag RFID.

Figura 56: interface da aba empréstimo do software - leitura do Tombo.

Fonte: Autor.

Em seguida o usuário deve preencher o campo de entrada com seu número de matrícula e a senha cadastrada no sistema, após a ação, ao clicar no botão “cadastrar”, a interface irá verificar no banco de dados se há o cadastro de um usuário com o número de matrícula inserido, e realiza a comparação se a senha digitada condiz com a senha pre-

sente no banco de dados. Caso os critérios sejam atendidos, o software inicia o processo de empréstimo.

Figura 57: Usuário digita a matrícula e senha de login.

COM6 ▾ Desconectar Empréstimo Cadastro Pesquisar

Empréstimo de Livros

Matrícula do aluno:
11811ETE013

Senha do aluno:

Cadastrar

Título: Death Note
Número de chamada: 741.02
Entidade principal: Tsugumi Qhba, 2003
Tombo: 11811013
Biblioteca: TCC- Devolutiva Eletrônica
Data: 08-11-2023 21:42

Conectado Internet

Fonte: Autor.

Durante o processo de empréstimo, o software valida o login do usuário e em seguida por meio do número de matrícula inserido, os dados nome, matrícula e email são adquiridos do banco de dados no MySQL.

Na tabela onde estão dados relacionados aos livros do acervo, dois campos de informação (Matrícula e Email) são adicionados no livro correspondente a leitura feita pelo hardware, esses campos são preenchidos com o número de matrícula e email do usuário, desta maneira, o sistema, considera que o livro foi emprestado para aquele usuário em específico.

Figura 58: Inserindo dados do usuário na Tabela "livros"no banco de dados.

Código do título	Título	Material	Número de chamada	Ent. principal	Tombo	Ano	Volume	Localização	Biblioteca	Matrícula	Email
10115	Natação: teoria e pratica	Livro	797.2 M149nt 2.ed.	Machado, David Camargo	1000175172	1998		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
10115	Natação: teoria e pratica	Livro	797.2 M149nt 2.ed.	Machado, David Camargo	1000175171	1998		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
96643	Educação fisica e saúde	Livro	796.613 M543e 3.ed.	Menestrina, Eloi	1000263414	2005		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
10115	Natação: teoria e pratica	Livro	797.2 M149nt 2.ed.	Machado, David Camargo	1000175170	1998		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
10115	Natação: teoria e pratica	Livro	797.2 M149nt 2.ed.	Machado, David Camargo	1000175169	1998		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
38123	Noções sobre educação fisica e esporte para p...	Livro	796-056.26 F866n	Freitas, Patricia Silvestre de	1000203061	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
38123	Noções sobre educação fisica e esporte para p...	Livro	796-056.26 F866n	Freitas, Patricia Silvestre de	1000203060	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
38123	Noções sobre educação fisica e esporte para p...	Livro	796-056.26 F866n	Freitas, Patricia Silvestre de	1000203059	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
11811013	Death Note	Livro	741.02	Tsugumi Qhba, 2003	11811013	2003	v.2	Livro do Ma...	TCC- Devolutiva Eletrônica	11811ETE013	mateus.fernandes@ufu.br
38123	Noções sobre educação fisica e esporte para p...	Livro	796-056.26 F866n	Freitas, Patricia Silvestre de	1000203058	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
153836	O que são pessoas deficientes	Livro	L.B. P.P. 89 N.Cult	Ribas, João Baptista Cintra, 1954-	1000016523	1985		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
38123	Noções sobre educação fisica e esporte para p...	Livro	796-056.26 F866n	Freitas, Patricia Silvestre de	1000203057	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
10881	Dimensões sociais do esporte: Manoel Jose Go...	Livro	L.B. P.N.T. 44	Tubino, Manoel José Gomes, 1939-	1000182444	1992		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		
38123	Noções sobre educação fisica e esporte para p...	Livro	796-056.26 F866n	Freitas, Patricia Silvestre de	1000203056	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA		

Fonte: Autor.

Em seguida os dados são registrados em na tabela do histórico de empréstimo, nesta tabela são registrados o nome do aluno que realizou o empréstimo, o número de matrícula, o Tombo do livro que foi emprestado, a data e horário que foi realizado o empréstimo.

Figura 59: Registro do histórico de empréstimo.

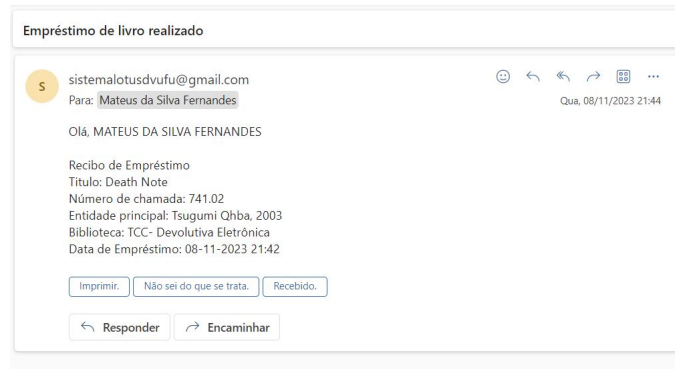
	id	Aluno	Matrícula	Tombo	Dia_Mes_Ano_do_emprestimo
▶	1	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	07-11-2023 22:45
	2	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	08-11-2023 21:44
✱		NULL	NULL	NULL	NULL

Fonte: Autor.

Após realizar as operações descritas no banco de dados do MySQL, o software envia um recibo de empréstimo através do email de contato que o aluno registrou no sistema. O software consegue enviar o email utilizando o seu email próprio criado para realizar tal função. Na figura 60, percebe-se que o email do sistema (sistemalotusdvufu@gmail.com) enviou o comprovante de empréstimo para o email do aluno.

Após o envio do comprovante o processo de empréstimo é finalizado. Até que um processo de empréstimo seja finalizado o sistema se encontra impossibilitado de iniciar outro processo de empréstimo.

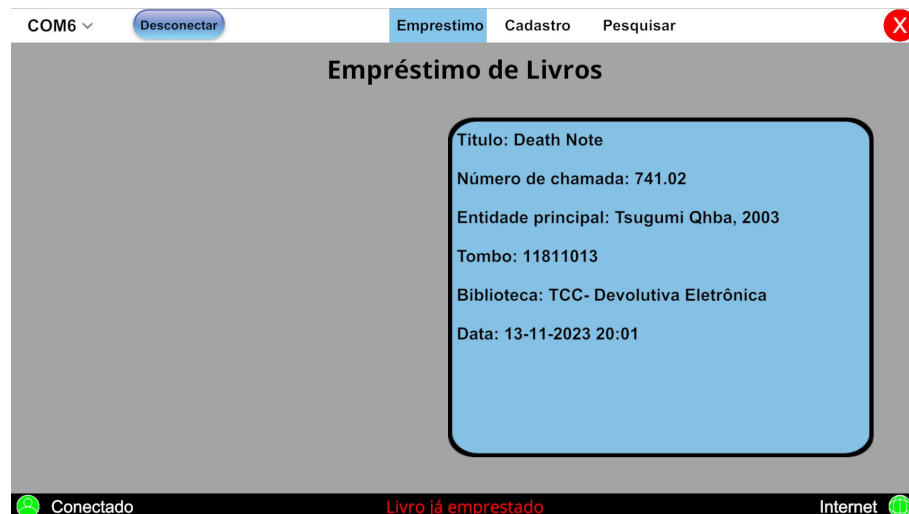
Figura 60: Recibo de empréstimo enviado por email.



Fonte: Autor.

Caso o usuário insira novamente um livro já empresariado, após a leitura do Tombo presente na tag RFID, o sistema detecta-rá o empréstimo realizado anteriormente pela verificação dos campos Matrícula e Email, como mostra a figura 61 e exibirá no terminal a mensagem indicando que o livro já foi emprestado, impossibilitando assim o usuário de iniciar o processo de empréstimo.

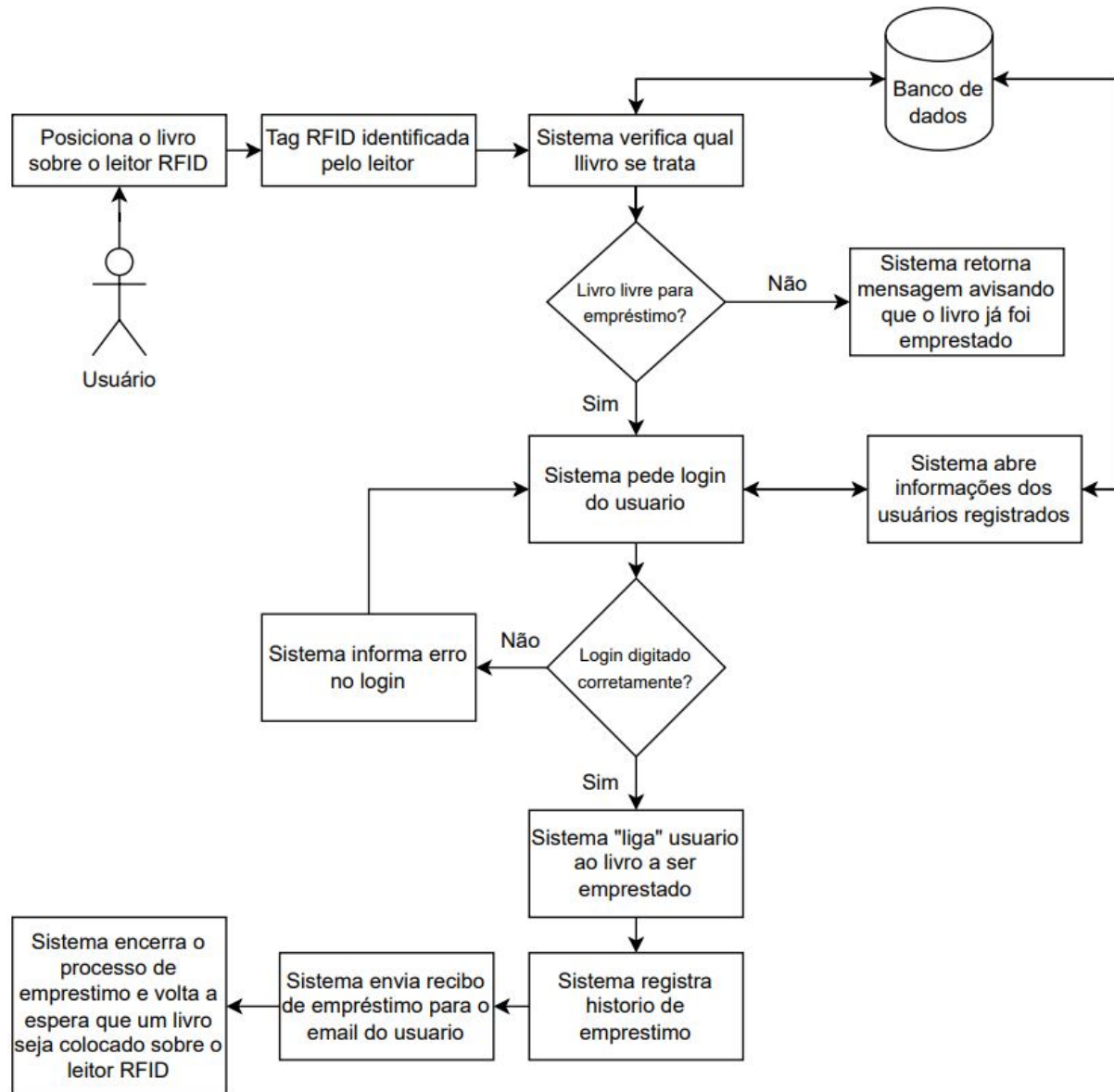
Figura 61: Interface reage ao identificar um livro já emprestado.



Fonte: Autor.

A figura 62, ilustra os passos mencionados para a ação de empréstimo realizada por um usuário anteriormente registrado no sistema.

Figura 62: Caso de uso do procedimento realizado durante o empréstimo.



Fonte: Autor.

Outro recurso que o sistema conta, é com a aba de pesquisa, por meio dela é possível realizar uma pesquisa sobre os usuários cadastrados no sistema, inserindo o seu nome ou número de matrícula.

Há também a possibilidade de pesquisar os livros que compõem o sistema, desta vez, inserindo o número do tomo(número do SISBI/UFU), o nome do livro, o código de título do livro e futuramente apenas inserindo o livro sobre o leitor.

O meio de pesquisa, conta com o método de pesquisa aproximada, isso significa que não há a necessidade de digitar um nome ou número de identificação completo, por exemplo, ao digitar somente “Bio” no campo de pesquisa de livros por título, todos os livros que começam com “Bio” serão apresentados (Biologia, Bioquímica, etc).

Figura 63: Exemplo de pesquisa de alunos registrados no sistema.

COM6 ▾ Conectar Emprestimo Cadastro **Pesquisar**

Pesquisar livros e alunos

Pesquisar por :
Alunos Livros

Tipo de dado:
Matrícula Nome

Insira a matrícula do aluno
11811

Pesquisar

Matrícula + Nome

- 11811ETE008 - GUILHERME FERREIRA DE JESUS
- 11811ETE013 - MATEUS DA SILVA FERNANDES

Desconectado Internet

Fonte: Autor.

Figura 64: Exemplo de pesquisa de livros registrados no sistema.

Pesquisar livros e alunos

Pesquisar por :

Alunos Livros

Tipo de dado:

Nome Tombo Cód. de RFID

Insira o nome do livro

bio

Pesquisar

Tombo + Nome

1000355969	- Bioéticas, poderes e injustiças: 10 anos depois
1000355970	- Bioéticas, poderes e injustiças: 10 anos depois
1000386653	- Bioética: poder e injustiça
1000386654	- Bioética: poder e injustiça
1000386655	- Bioética: poder e injustiça
1000307951	- Bioestatística teórica e computacional: com banco de dados reais em disco
1000307952	- Bioestatística teórica e computacional: com banco de dados reais em disco
1000307953	- Bioestatística teórica e computacional: com banco de dados reais em disco

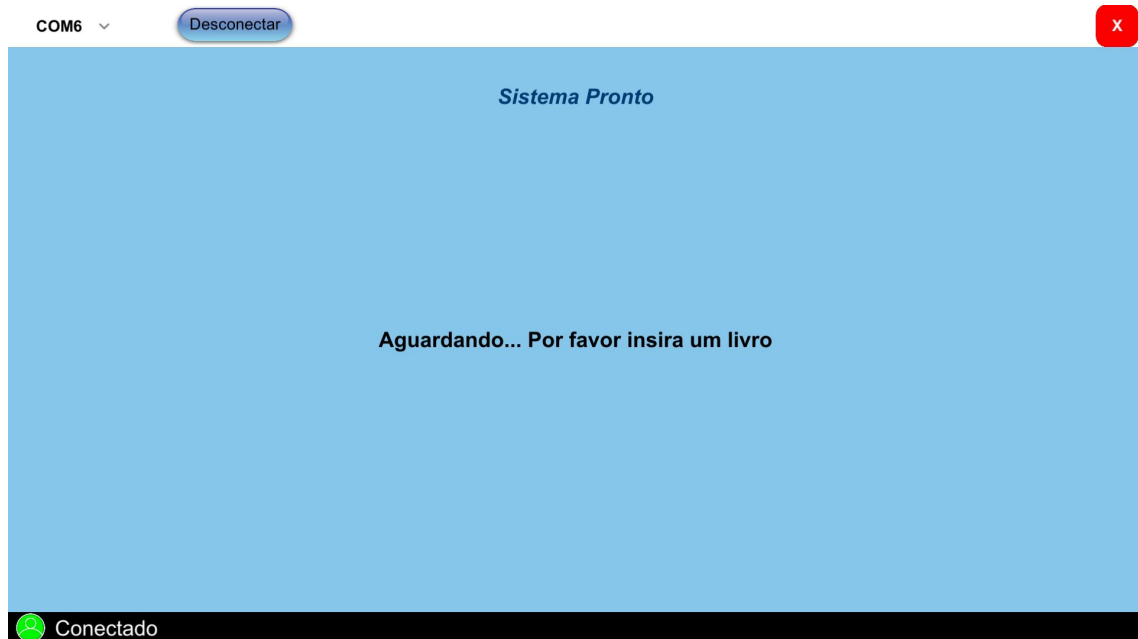
Desconectado Internet

Fonte: Autor.

Após a descrição de todo o procedimento do empréstimo e suas operações apresentadas, outra interface foi desenvolvida, a interface de devolução, por preferência do autor ela foi discretizada, das outras demais, porém mesmo funcionamento a parte das outras ela compõe e opera no mesmo sistema RFID descrito anteriormente.

A figura 65, demonstra a interface de devolução, o usuário não tem a necessidade de interagir com ela, apenas colocar o livro sobre o leitor RFID e o sistema entrará no processo de devolução automaticamente. A interface também conta com um terminal que é utilizado para exibir informações do sistema e uma seleção de portas COM.

Figura 65: Interface de devolução.



Fonte: Autor.

Quando o usuário deposita o livro sobre o leitor RFID, o sistema inicia o processo de devolução, o leitor reconhece o número do Tombo presente na tag RFID do livro envia para a interface, na interface o número do Tombo é utilizado para realizar uma pesquisa no banco de dados e identificar de qual livro se trata, ao encontrar o livro, com os campos Matrícula e Email preenchidos junto às informações do livro, como mostra a figura 58, o sistema consegue identificar qual usuário que está realizando a devolução.

Após a identificação do livro e do usuário, as informações sobre a devolução são exibidas na interface conforme a figura 66. Além das informações do livros algumas adicionais são acrescentadas como a data e horário da devolução e a classificação do livro.

Figura 66: Interface durante o processo de devolução.

COM6 Desconectar X

Gerando recibo de devolução....(AGUARDE)

DADOS DO LIVRO:
Título: Death Note
Número de chamada: 741.02
Entidade principal: Tsugumi Qhba, 2003
Tombo: 11811013
Biblioteca: TCC- Devolutiva Eletrônica
Data: 13-11-2023 20:29

Classificação: Artes

Conectado Tombo do livro: 11811013

Fonte: Autor.

A classificação do livro parte de um sistema já presente na biblioteca, por meio do número de chamada presente no banco de dados dos livros(figura 67), é realizada a classificação. A classificação que a biblioteca da UFU usa, utiliza apenas o primeiro dígito que compõe o número de chamada, os números seguintes são utilizados para realizar as subclassificações dos livros. As classes são apresentadas pela tabela 3.

Figura 67: Número de chamada dos livros presente no banco de dados

id	Código do título	Título	Material	Número de chamada	Ent. principal	Tombo	Ano	Volume	Localização	Biblioteca
1	73577	O método nas ciências naturais e sociais: pesqu...	Livro	001.8 A474m 2.ed.	Alves-Mazzotti, Alda Judith	1604874464	1999		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
2	115388	Metodologia científica: ciência e conhecimento c...	Livro	001.8 L192m 6.ed. ...	Marconi, Marina de Andrade, 1923-	1000385492	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
3	65154	O tempo da memória: De senectude e outros es...	Livro	1(4)9 B663p 4.ed.	Bobbio, Norberto, 1909-2004	1000193234	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
4	29330	Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas r...	Livro	1:50 A474f	Alves, Rubem, 1933-2014	1000141073	1981		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
5	141538	Normas para apresentação de documentos cien...	Livro	001.81 U6 in 2.ed.	Universidade Federal do Paraná. ...	1000399559	2007		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
6	135565	Manual para redação de teses, projetos de pes...	Livro	001.891 S741m 2.ed.	Spector, Nelson, 1955-	1000377113	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
7	65154	O tempo da memória: De senectude e outros es...	Livro	1(4)9 B663p 4.ed.	Bobbio, Norberto, 1909-2004	1000193235	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
8	9872	Convite à filosofia	Livro	1 C496: 9.ed.	Chauí, Marilena de Souza, 1941-	1000182346	1997		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
9	135565	Manual para redação de teses, projetos de pes...	Livro	001.891 S741m 2.ed.	Spector, Nelson, 1955-	1000377124	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
10	115388	Metodologia científica: ciência e conhecimento c...	Livro	001.8 L192m 6.ed. ...	Marconi, Marina de Andrade, 1923-	1000385493	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
11	46736	Manual para normalização de publicações técnic...	Livro	001.81 F814m 3.ed.	França, Júlia Lessa	595262902	1996		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
12	129304	O projeto de pesquisa passo a passo: TCC, inici...	Livro	001.891 A447p	Almeida, Laerte Pereira de	1000358416	2012		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
13	135565	Manual para redação de teses, projetos de pes...	Livro	001.891 S741m 2.ed.	Spector, Nelson, 1955-	1000377114	2011		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
14	89303	Monografias científicas: tcc, dissertação, tese	Livro	001.891 S5237m	Santos, Clóvis Roberto dos	1000239234	2005		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA
15	0807	O livro e a comunicação	Livro	1(4)9 C7341 in 2	Reis, Yvonne. In: Bn. 1070.	1000170670	1984		Acervo Geral	FIS - EDUCAÇÃO FÍSICA

Fonte: Autor.

Esta etapa de classificação dos livros é importante para que ideias do futuro sejam executadas, como por exemplo a adição de uma esteira no mecanismo de devolução onde a esteira possibilitasse que, após a devolução, os livros fossem depositados em pilhas com a mesma classificação. De maneira a facilitar os trabalhos dos bibliotecários na reposição das estantes de livros da biblioteca.

Tabela 3: Classificação decimal SISBI/UFU.

Primeiro dígito do Número de Chamada	Classificação
0	Generalidades
1	Filosofia - Psicologia
2	Religião - Teologia
3	Ciências Sociais
5	Ciências Puras
6	Ciências Aplicadas
7	Artes
8	Língua - Literatura
9	Geografia, Biografia, História

Fonte: Autor.

Após os processos descritos, o sistema registra a devolução no banco de dados conforme apresentado na figura 68. E em seguida retira os dados do usuário anexados às informações do livro(figura 58), retirando assim o livro da “conta” do usuário.

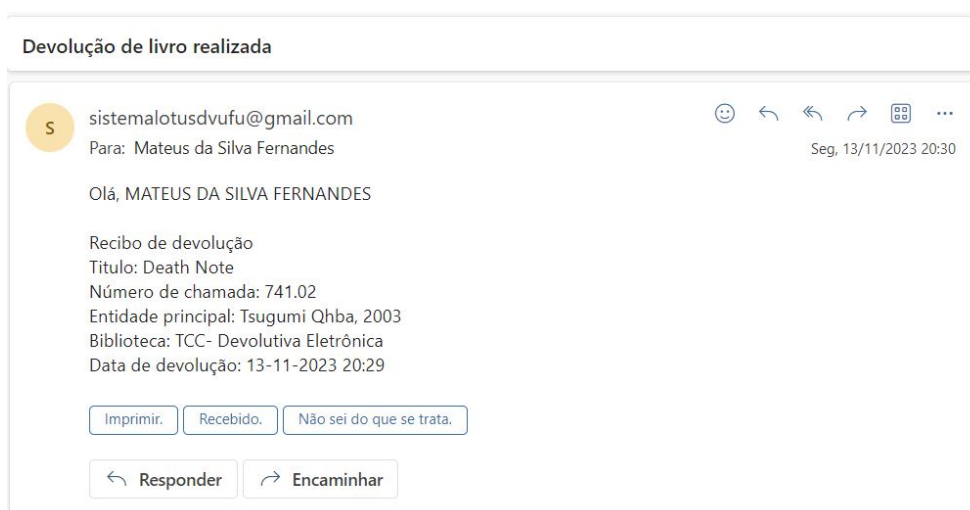
Figura 68: Histórico de devolução

id	Aluno	Matrícula	Tombo	Dia_Mes_Ano_de_devolução
1	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	13-11-2023 20:12
2	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	13-11-2023 20:16
3	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	13-11-2023 20:18
4	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	13-11-2023 20:21
5	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	13-11-2023 20:27
6	MATEUS DA SILVA FERNANDES	11811ETE013	11811013	13-11-2023 20:29

Fonte: Autor.

Por fim, o sistema envia o recibo de devolução para o email do usuário, logo em seguida a interface exibe uma mensagem indicando o sucesso da devolução e retorna a ficar à espera de que uma nova etiqueta RFID seja reconhecida para realizar a leitura do número do Tombo presente e iniciar novamente o processo de devolução.

Figura 69: Recibo de devolução



Fonte: Autor.

O sistema final possui dois executáveis, compatíveis com o sistema windows 10 e Linuxs, ambas interfaces (empréstimo e devolução) são software portáteis/executáveis, isso significa que não há necessidade dos programas serem instalados na máquina em que irão atuar, pois são apenas executáveis e não requerem modificações no registro do sistema ou a adição de arquivos em diretórios específicos.

Figura 70: Executáveis da interface de empréstimo e de devolução do protótipo



Fonte: Autor.

6 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DE TESTES REALIZADOS COM O PROTÓTIPO

Os testes foram realizados utilizando o hardware do protótipo cuja função é realizar a leitura de tags rfid de 13.56MHz. O leitor PN5180 utilizado possui uma antena anexada conforme a figura 71, alguns testes de leitura utilizando tags presentes nos livros da biblioteca da ufu foram utilizados.

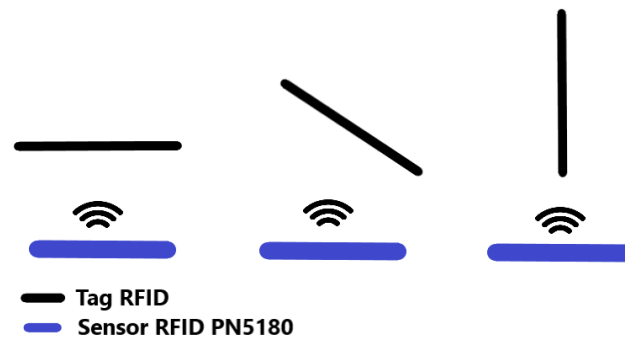
Figura 71: Antena do sensor RFID PN5180



Fonte: Autor.

Os testes consistiram em verificar a área e distância que o leitor consegue realizar a leitura da tag sem interferência. A tag do livro foi posicionada em paralelo, na transversal e perpendicular em relação ao leitor PN5180 (figura 72).

Figura 72: Antena do sensor RFID PN5180



Fonte: Autor.

Dentre os três tipos de posicionamento de tag realizados nos testes, o posicionamento em paralelo é o que mais se destacou, com uma leitura limpa e perfeita dos dados, caso o livro seja posicionado na transversal ou perpendicular ao leitor, a leitura apresenta erros no dados lidos, perdas de dados e até mesmo impossibilidade de leitura.

Outro teste realizado foi a medição da capacidade de distância de leitura que o leitor apresenta, com a tag RFID alinhada em paralelo com a antena do leitor, foi marcada uma distância de 30cm entre a tag e o leitor e foi-se reduzindo a distância até o instante que o leitor era capaz de realizar a leitura, como ilustrado na figura 73.

Figura 73: Esquemático do teste de distância alcançada pelo leitor.



Fonte: Autor.

No teste de alcance máximo, o resultado alcançado pelo leitor PN5180 foi de 12 cm entre a tag e o leitor. O tempo de leitura é de aproximadamente 100ms, ou seja, instantâneo.

Outros testes foram realizados para avaliar o desempenho do software de integração desenvolvido, o primeiro teste foi o de desempenho do software em diferentes dispositivos. Foram feitos testes em 3 desktops diferentes, com configurações diferentes e o único aspecto de desempenho significativo que houve alteração foi o tempo que o software leva para enviar o recibo de empréstimo ou devolução por email, tendo em vista que o tempo de envio está relacionado com a velocidade da conexão com a internet. Toda operação de processamento do software com uma conexão estável a internet leva cerca de 4-5 segundos, tendo a única variável significativa o tempo de envio do email pelo software.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Trabalhos futuros

Propõe-se como extensão deste trabalho a troca do leitor RFID PN5180 por outro que suporte uma antena de leitura maior e que cubra uma área maior. Verificou-se também a necessidade de uma impressora de recibo, pois caso o sistema se encontre sem acesso a internet, um recibo físico seria emitido no local ao invés do sistema enviar um recibo eletrônico por email.

Outra extensão possível deste trabalho seria a implementação de um sistema anti furto juntamente ao sistema de empréstimo e devolução, onde a fita RFID de 1 bit seria magnetizada ou desmagnetizada pelo próprio sistema no ato.

7.2 Disposições finais

Os resultados apresentados mostram a viabilidade da construção de um sistema RFID de baixo custo para uma biblioteca, visando reduzir custos como por exemplo o de manutenção e substituição de equipamentos eletrônicos do sistema.

Em relação a performance do sistema, a aplicação demonstra que não há a necessidade de um dispositivo desktop com hardware avançado para a execução dos software de integração e do banco de dados, viabilizando a utilização de máquinas computacionais modestas e de custo baixo.

No geral, um sistema RFID é indispensável para agilizar o processo de administração de inventário em uma biblioteca, e com este trabalho pode-se verificar que é possível uma biblioteca criar seu próprio sistema RFID interno.

Com o propósito de apresentar um protótipo de um sistema RFID para bibliotecas de baixo custo, pode-se concluir que há a possibilidade de desenvolver um sistema alternativo e funcional, com simples e barata manutenção capaz de suprir a necessidade de uma biblioteca.

Por fim, a implementação ideal de um sistema RFID é um desafio e requer visão criativa e execução cuidadosa. E, quando abordada adequadamente, aquela pequena etiqueta RFID pode ser apenas um catalisador que leva a biblioteca a um estado de satisfação dos usuários. A adoção da tecnologia RFID para auto-serviços, sem dúvida, tornará as bibliotecas significativamente mais fáceis de utilizar e eficientes.

8 REFERÊNCIAS

- [1] FAROOQUE, M. **RFID technology for libraries: A review of recent developments.** *The Electronic Library*, 2014, p. 156-163.
- [2] ERICK C. JONES, CRISTOPHER A. CHUNG. **RFID in Logistics: A Practical Introduction.** *CRC Press*, 2007, pg (19-28).
- [3] GUILHERME D. COUTO, TARSIVUS S. MALAFAIA. **Radio Frequency Identification.** *Departamento de Engenharia Eletrônica e de Computação I*, 2019.
- [4] ALEXANDRE E. S. CORREA. **REDES RFID E NFC: Funcionamento e Aplicações.** *Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais (UFRJ)*, 2013, pg(15-17).
- [5] HARVEY LEHPAMER. **RFID Design Principles.** *ARTECH HOUSE, INC*, 2008, cap(5), pg(157-168).
- [6] KLAUS FINKENZELLER. **RFID Handbook: Fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication.** John Wiley e Sons Ltd, 2010 3ed, cap(3), pg(29-59).
- [7] NXP Semiconductors. **Full NFC Forum Compliant Frontend IC: PN5180 NXP.** (disponível em:) <https://www.nxp.com/products/rfid-nfc/nfc-hf/nfc-readers/full-nfc-forum-compliant-frontend-ic:PN5180> (Acessado em setembro de 2023).
- [8] ARDUINO. **Arduino Mega 2560 Rev3.** *Arduino Official Store.* (disponível em:) <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560> (Acessado em setembro de 2023).
- [9] TRAPPMANN, A. **PN5180 Library.** *GitHub.* (disponível em:) <https://github.com/ATrappmann/PN5180-Library> (Acessado em setembro de 2023).
- [10] ARDUINO. **Software.** *Arduino Official Website.* (disponível em:) <https://www.arduino.cc/en/software> (Acessado em setembro de 2023).

-
- [11] ANDRÉ MILANI, **MySQL - Guia do programador**, Novatec Editora Ltda, v.1, 2006.
- [12] WILLIAM STALLINGS. **Cryptography and Network Security Principles and Practice** (6th Edition)-Pearson, 2014, pg-152-196.
- [13] CHRISTOF PAAR E JAN PELZL. **Understanding Cryptography A Textbook for Students and Practitioners-Springer Science**, *Business Media*, 2009, pg-102-136 (1ed)
- [14] UPPERSEG. **Leitor RFID Linear Nice LN 104C V2 Mifare 13,56 MHz e EMF 125kHz**. Upperseg.
(disponível em:) <https://www.upperseg.com.br/interfonia/control-de-acesso/leitores-e-receptores/leitor-rfid-linear-nice-ln-104c-v2-mifare-1356-mhz-e-emf-125khz/>
(Acessado em setembro de 2023).
- [15] VIA ONDA RFID. **Antena RFID UHF 6dB**. *Via Onda RFID*.
(disponível em:) <https://www.viaondarfid.com.br/produto/antena-rfid-uhf-6db/>
(Acessado em Outubro de 2023).
- [16] SHENZHEN XINYETONG. **RFID Inlays, RFID Tags, RFID Labels - Qual é a diferença?**.
(disponível em:) <https://www.asiarfid.com/pt/difference-rfid-inlays-tags-labels.html> (Acessado em Outubro de 2023).
- [17] CATÁLOGO 3M. **Soluções em Gerenciamento e Segurança - Sistemas para Bibliotecas**, 2023.
(disponível em:) <https://multimedia.3m.com/mws/media/992137O/3m-catalogo-sistemas-para-bibliotecas.pdf> (Acessado em Novembro de 2023).