

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE ARTEFATO TECNOLÓGICO PARA
CONTROLE DE ESTOQUE DE REAGENTES EM UM LABORATÓRIO
DE BROMATOLOGIA**

VICENTE SILVA NETO

**São Carlos-SP
2025**

VICENTE SILVA NETO

DESENVOLVIMENTO DE ARTEFATO TECNOLÓGICO PARA CONTROLE DE ESTOQUE DE REAGENTES EM UM LABORATÓRIO DE BROMATOLOGIA.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento em Engenharia de Produção da Universidade de São Carlos – Campus São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Molina da Silva

São Carlos-SP

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Vicente Silva Neto, realizada em 02/10/2025.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Fábio Molina da Silva (UFSCar)

Prof. Dr. Roberto Fernandes Tavares Neto (UFSCar)

Prof. Dr. Gilberto Miller Devos Ganga (UFSCar)

Prof. Dr. José Roberto Dale Luche (UNESP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pelo dom da vida e por ter me concedido a oportunidade e a força necessária para concluir esta jornada, que foi árdua e desgastante, mas que, ao final, valeu a pena.

Agradeço, do fundo do meu coração, ao meu pai, Paulo Roberto, e à minha mãe, Cleide, que sempre estiveram em oração por mim. Tenho certeza de que sou um dos motivos de grande orgulho para eles.

Meu agradecimento mais especial é para a minha esposa, companheira, amiga e amor da minha vida, Ieda Frazão, que esteve ao meu lado em todos os momentos desta caminhada, oferecendo apoio e encorajamento, especialmente nas horas em que pensei em desistir diante dos desafios que enfrentei. Agradeço também às minhas filhas Iza, Ísis e Isadora vocês são a minha força e a razão do meu esforço.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Molina da Silva, que, com dedicação e paciência, orientou-me como um verdadeiro mestre, cobrando, incentivando e guiando-me pelo caminho certo. Estendo meus agradecimentos ao meu coorientador, Prof. Dr. Roberto Fernandes Tavares Neto, pelo auxílio essencial no desenvolvimento desta dissertação, em especial no direcionamento técnico do trabalho.

Sou grato também aos meus colegas Samuel Almeida e Samuel Abreu, que contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento do protótipo e do software de controle do almoxarifado. Foram muitas as noites em que permanecemos até quase as 22 horas estudando e avançando juntos nesta pesquisa.

Agradeço aos professores Prof. Dr. Gilberto Miller Devós Ganga e o Prof. PhD. José Roberto Dale Luche, que participaram da minha qualificação e defesa, oferecendo contribuições valiosas para o aprimoramento deste trabalho.

Por fim, expresso minha gratidão à Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) pela oportunidade de realizar este mestrado, viabilizado por meio da parceria com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Sem esse apoio, não teria sido possível alcançar a qualidade, a profundidade e a relevância deste estudo.

A todos que estiveram comigo ao longo desta trajetória, deixo o meu sincero agradecimento. Levarei comigo a lembrança e o carinho de cada um.

“A educação é o nosso passaporte para o futuro, pois o amanhã pertence às pessoas que se preparam hoje.”

Malcolm X

RESUMO

As universidades federais enfrentam desafios significativos relacionados à escassez de recursos humanos e financeiros, agravados pelo consumo contínuo de insumos utilizados nas atividades de ensino, pesquisa e extensão. Nesse contexto, torna-se essencial adotar sistemas de controle de estoques que assegurem o uso eficiente dos recursos e a continuidade das atividades acadêmicas. Em laboratórios universitários, reagentes químicos são armazenados em pequenos almoxarifados e, em muitos casos, estão sujeitos à fiscalização da Polícia Federal, o que exige licenças específicas, controle rigoroso de uso e apresentação das condições de armazenamento durante inspeções. A ausência de sistemas estruturados de controle e o acesso irrestrito de alunos a esses ambientes contribuem para a desorganização, perdas de materiais e aumento dos riscos de acidentes. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo desenvolver e aplicar um sistema automatizado para o controle de estoques de reagentes químicos, a fim de garantir maior precisão, rastreabilidade e segurança no gerenciamento dos insumos laboratoriais. A pesquisa adota o método *Design Science Research* (DSR), que propõe o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicadas a problemas práticos. O sistema implementado baseia-se na tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification* – Identificação por Radiofrequência), integrada a uma balança de pesagem eletrônica, permitindo identificar cada reagente individualmente e monitorar em tempo real seu consumo. Os resultados indicam que a integração dessas tecnologias possibilita um modelo híbrido de controle de estoques, que combina revisão contínua e periódica, associado ao critério FIFO (*First In, First Out*) e à reorganização física do laboratório. Essa abordagem aumenta a precisão dos registros, reduz falhas humanas e aprimora a eficiência operacional. Além disso, o sistema desenvolvido, fundamentado em software livre e componentes de baixo custo, apresenta confiabilidade, facilidade de uso e geração automática de relatórios, dispensando treinamentos extensivos. Conclui-se que a solução proposta é economicamente viável, replicável e capaz de contribuir significativamente para a segurança, a organização e a sustentabilidade na gestão de reagentes químicos em laboratórios acadêmicos.

Palavras-chave: Controle de estoque, Reagentes Químicos, *Design Science Research* (DSR), RFID (Identificação por Radiofrequência).

ABSTRACT

Federal universities face significant challenges related to the shortage of human and financial resources, compounded by the continuous consumption of supplies used in teaching, research, and extension activities. In this context, it is essential to adopt inventory control systems that ensure the efficient use of resources and the continuity of academic activities. In university laboratories, chemical reagents are stored in small stockrooms and, in many cases, are subject to supervision by the Federal Police, which requires specific licenses, strict usage control, and the presentation of storage conditions during inspections. The lack of structured control systems and the unrestricted access of students to these environments contribute to disorganization, material losses, and increased risk of accidents. In view of this scenario, this study aims to develop and implement an automated system for controlling chemical reagent inventories in order to ensure greater accuracy, traceability, and safety in the management of laboratory supplies. The research adopts the Design Science Research (DSR) method, which proposes the development of technological solutions applied to practical problems. The implemented system is based on RFID (Radio Frequency Identification) technology integrated with an electronic weighing scale, allowing the identification of each reagent individually and the real-time monitoring of its consumption. The results indicate that the integration of these technologies enables a hybrid inventory control model that combines continuous and periodic review, associated with the FIFO (First In, First Out) criterion and the physical reorganization of the laboratory. This approach increases record accuracy, reduces human errors, and improves operational efficiency. Furthermore, the developed system, based on open-source software and low-cost components, demonstrates reliability, ease of use, and automatic report generation, eliminating the need for extensive training. It is concluded that the proposed solution is economically viable, replicable, and capable of significantly contributing to the safety, organization, and sustainability of chemical reagent management in academic laboratories.

Keywords: Inventory control, Chemical Reagents, Design Science Research (DSR), RFID (Radio Frequency Identification).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - GRÁFICO DENTE DE SERRA.....	22
FIGURA 2 - SISTEMA DE REVISÃO PERIÓDICA	23
FIGURA 3 - SISTEMA RFID.....	27
FIGURA 4 - TAG PASSIVA	29
FIGURA 5 - TAG ATIVA	30
FIGURA 6 - DIAGRAMA DE CASO DE USO AULAS PRÁTICAS	38
FIGURA 7 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES DAS AULAS PRÁTICAS.....	39
FIGURA 8 - DIAGRAMA DE CASO DE USO EXPERIMENTOS DE PESQUISAS ...	39
FIGURA 9 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES EXPERIMENTOS DE PESQUISAS.....	40
FIGURA 10 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES DO PROCESSO DE RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO	41
FIGURA 11 - ESTOQUE DE REAGENTES.....	42
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES SOLICITAÇÕES DE MATERIAIS NO LABORATÓRIO.....	44
FIGURA 13 - DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO (DER)	45
FIGURA 14 - TELA INICIAL DO PROGRAMA.....	47
FIGURA 15 - PAINEL DE CONTROLE.....	48
FIGURA 16 - GERENCIADOR FRASCOS	49
FIGURA 17 - REQUISIÇÃO PARA EXPERIMENTO	50
FIGURA 18 – REQUISIÇÃO DE PRODUTOS.....	50
FIGURA 19 – LISTA DE TODAS AS REQUISIÇÕES.....	51
FIGURA 20 – DEVOLUÇÕES DE REAGENTES.....	51
FIGURA 21 – PESAGEM DE PRODUTO.....	52
FIGURA 22 – RELATÓRIO DE ESTOQUE	53
FIGURA 23 – RELATÓRIO DE CONSUMO	53
FIGURA 24 – REQUISIÇÕES DE EXPERIMENTOS	54
FIGURA 25 – ATENDENDO REQUISIÇÃO PARA EXPERIMENTO	55
FIGURA 26 – ATENDENDO REQUISIÇÃO DE PRODUTO	56
FIGURA 27 – RELATÓRIO DE CONSUMO COMPLETO	56
FIGURA 28 – RELATÓRIO DE CONSUMO POR PRODUTO	57
FIGURA 29 – RELATÓRIO DE ESTOQUE VAZIO.....	57
FIGURA 30 – RELATÓRIO ESTOQUE DISPONÍVEL	58
FIGURA 31 – RASPBERRY PI 4 MODELO B	59
FIGURA 32 – MÓDULO RFID RC522	59
FIGURA 33 – MÓDULO HX 711.....	60

FIGURA 34 – PINAGEM RASPBERRY PI E MÓDULO RC522.....	61
FIGURA 35 – CIRCUITO PARA MÓDULO RFID.....	62
FIGURA 36 – BALANÇA	63
FIGURA 37 – LIGAÇÃO DO MÓDULO HX711 COM RASPBERRY.....	63
FIGURA 38 - LEITURA DA BALANÇA	65
FIGURA 39 - IMAGEM PYCHARM.....	66
FIGURA 40 – PROJETO LAYOUT DAS PRATELEIRAS.....	68
FIGURA 41 – ORGANIZAÇÃO DAS PRATELEIRAS	68
FIGURA 42 – VISÃO GERAL DAS PRATELEIRAS.....	69
FIGURA 43 – PROJETO BALANÇA.....	70
FIGURA 44 – PROJETO BALANÇA IDEALIZADA	70

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 - BANDAS DE FREQUÊNCIA.....	32
QUADRO 2 - FASES DO DSR E O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES.....	35
TABELA 1 - REAGENTES	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANATEL** - Agência Nacional de Telecomunicações
- AVA** – Ambiente Virtual de Aprendizagem
- CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- DER** - Diagrama Entidade-Relacionamento
- DFD** - Documento de Formalização de Demanda
- DSR** - *Design Science Research*
- ENEM** - Exame Nacional do Ensino Médio
- IDE** - *Integrated Development Environment*
- IoT** – Internet das Coisas
- MySQL** – *Michael Wildenius Structured Query Language*
- NFC** - *Near Field Communication*
- PAC** - Plano de Compras Anuais
- PHP** - *Hypertext Preprocessor*
- PTT** - Produtos Técnicos e Tecnológicos
- RFID** - *Radio-Frequency Identification*
- SEI** – Sistema Eletrônico de Informações
- SIPROQUIM** - Sistema de Controle e Fiscalização de Produtos Químicos
- SOC** - *System-on-Chip*
- SUAP** – Sistema Unificado de Administração Pública
- TI** – Tecnologia da Informação
- UART** - *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*
- UFR** - Universidade Federal de Rondonópolis
- UFUSCAR** - Universidade Federal de São Carlos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL.....	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.3	JUSTIFICATIVA.....	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO FINAL DE CURSO.....	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	CONTROLE DE ESTOQUE.....	19
2.1.1	Sistema de Revisão Contínua.....	21
2.1.2	Sistema de Revisão Periódica.....	22
2.1.3	Indicadores de Acuracidade.....	24
2.2	INDÚSTRIA 4.0.....	25
2.2.1	RFID.....	26
2.2.2	Etiqueta RFID (TAG).....	28
2.2.3	Antena e Leitor de RFID.....	30
2.2.4	Frequências de Operação RFID.....	31
2.2.5	RFID Aplicado no Gerenciamento de Estoques.....	32
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
4	DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PARA CONTROLE DE ESTOQUE	37
4.1	GESTÃO DE ESTOQUES EM LABORATÓRIOS MULTIDISCIPLINARES DE BROMATOLOGIA.....	37
4.2	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO.....	41
4.3	DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA SOLUÇÃO.....	43
4.4	DESIGN E DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO.....	44
4.4.1	Desenvolvendo o Banco de Dados.....	44
4.4.2	Desenvolvendo do Programa PHP.....	46
4.4.3	Demonstração e Simulações do Programa WEB PHP.....	54
4.5	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE IDENTIFICAÇÃO POR RFID	58
4.5.1	Demonstração e Simulações do Protótipo de Identificação RFID.....	66
4.6	ORGANIZAÇÃO E MUDANÇA NA ORGANIZAÇÃO DAS PRATELEIRAS	67
4.7	DESENHO DA BALANÇA E O PROJETO IDEALIZADO.....	69
4.8	AVALIAÇÃO E RESULTADOS.....	71

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
	REFERÊNCIAS.....	75
	APÊNDICE A – COLETA DE DADOS.....	82
	APÊNDICE B – TERMO DE LIBERAÇÃO	89
	APÊNDICE C – LISTA DE MATERIAL UTILIZADO	91
	APÊNDICE D – LISTA DE PROGRAMAS GERADOS	92
	APÊNDICE E – PRODUTO TECNOLÓGICO - MANUAL ARTEFATO TECNOLÓGICO PARA O CONTROLE DE REAGENTES EM LABORATÓRIO....	94

1 INTRODUÇÃO

A gestão de estoque é um pilar essencial para o funcionamento eficaz de qualquer instituição, tanto pública quanto privada. A administração eficiente dos bens materiais requer planejamento estratégico, implementação de práticas adequadas de armazenamento e preservação (Ballou, 2006).

Esses cuidados são fundamentais para evitar a falta de materiais e ao mesmo tempo, prevenir a formação de estoques excessivos em relação às necessidades reais da instituição, garantindo assim o atendimento eficiente e equilibrado das demandas institucionais (Arnold, 2006; Christopher, 2019). Sob essa perspectiva, os estoques podem ser considerados elementos intimamente ligados à competitividade das organizações e das cadeias de suprimentos, conforme Accioly *et al.* (2008, p. 24).

A complexidade da gestão de estoques decorre de fatores como alto valor agregado, longo *lead time* de fornecimento, demanda irregular, ciclo de vida curto, perecibilidade e custo elevado de ruptura. A gestão de estoque eficiente é essencial para assegurar a disponibilidade de produtos (Vieira, 2009; Chopra e Meindl, 2016).

No setor público brasileiro, além das características mencionadas, somam-se às exigências impostas pelos princípios da administração pública: Legalidade, Impessoalidade, Moralidade, Publicidade e Eficiência. Conforme a Lei Federal nº 14.133/2021, a nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos, o artigo 5º estabelece normas legais para a aquisição de produtos pelo setor público.

Art. 5º Na aplicação desta Lei, serão observados os princípios da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da publicidade, da eficiência, do interesse público, da probidade administrativa, da igualdade, do planejamento, da transparência, da eficácia, da segregação de funções, da motivação, da vinculação ao edital, do julgamento objetivo, da segurança jurídica, da razoabilidade, da competitividade, da proporcionalidade, da celeridade, da economicidade e do desenvolvimento nacional sustentável, assim como as disposições do Decreto-Lei nº 4.657, de 4 de setembro de 1942 (Lei de Introdução às Normas do Direito Brasileiro).

Nesse cenário, a precisão no controle de estoques é essencial para garantir a continuidade das atividades de ensino, pesquisa e extensão, sinalizando os momentos ideais para a realização de novas aquisições. Dessa forma, busca-se evitar tanto a falta quanto o excesso de materiais em estoque, assegurando a eficiência e a otimização dos recursos disponíveis.

Geralmente, os estoques de reagentes químicos das universidades estão distribuídos entre vários laboratórios de pesquisa e práticas didáticas e têm um

almoxarifado central que abastece os laboratórios. Alguns desses produtos, em especial os reagentes químicos, são supervisionados pela Polícia Federal, pois podem ser utilizados em atos ilícitos e de grande periculosidade.

Para que a universidade pública possa adquirir esses produtos, é necessário primeiramente elaborar um Documento de Formalização de Demanda (DFD) para o ano seguinte. Posteriormente, ele é incluído na planilha do Plano de Compras Anuais (PAC) e entra no orçamento da universidade para o próximo ano. A instituição deve solicitar a licença de funcionamento ao departamento da Polícia Federal e, subsequentemente, cadastrar um representante jurídico da instituição no Sistema de Controle e Fiscalização de Produtos Químicos (SIPROQUIM). Neste caso específico, a representante jurídica é a reitora da universidade, que atua como administradora, e o diretor de administração de materiais atua como operador da plataforma SIPROQUIM, (BRASIL, 2001, art. 1, art. 2 e art. 4).

Na plataforma SIPROQUIM, o operador consegue emitir as autorizações e certificados que permitem a compra e o manuseio destes produtos químicos. Com a autorização e o certificado é iniciado o processo de compra destes reagentes.

O processo de compra se inicia com a anexação do DFD e dos documentos fornecidos pela Polícia Federal, que são enviados ao setor de Compras e Licitações, o qual realiza as orientações necessárias para a contratação, conforme a IN05/2017:

Art. 20. O Planejamento da Contratação, para cada serviço a ser contratado, consistirá nas seguintes etapas:
I - Estudos Preliminares;
II - Gerenciamento de Riscos; e
III - Termo de Referência ou Projeto Básico. (IN05/2017, p.07)

Após a aquisição dos produtos químicos e reagentes via pregão eletrônico, conforme a Lei nº 10.357, de 27 de dezembro de 2001, o operador da plataforma deve informar mensalmente sobre a quantidade de reagentes consumidos. Além disso, caso seja solicitado, deve informar a forma como os produtos foram utilizados, por exemplo: evaporado, quebrado, utilizado em pesquisa, produto final gerado etc. Anualmente, os policiais federais realizam visitas surpresas para fiscalizar os produtos químicos e reagentes. Nessas inspeções, eles solicitam toda a documentação de aquisição, vistoriam o processo de distribuição interna e realizam a conferência dos estoques.

Neste contexto, o presente trabalho visa propor uma solução tecnológica que aumente a eficiência da gestão deste estoque, em um laboratório multidisciplinar que

desenvolve análises físico-químicas na gestão animal dos cursos de graduação e pós-graduação de uma instituição de ensino superior. O estoque de reagentes deste laboratório é composto por 117 unidades de produtos químicos.

A gestão eficiente desse estoque enfrenta importantes desafios decorrentes a sua ampla utilização por alunos de graduação e pós-graduação, que intensifica a necessidade de um controle específico sobre o uso e o armazenamento adequado dos reagentes após sua utilização.

A rotatividade de usuários e a diversidade de procedimentos realizados, aumentam a dificuldade da organização, tanto no armazenamento quanto no consumo dos reagentes. Essa perspectiva exige a implementação de medidas adequadas para garantir a segurança, a rastreabilidade e a disponibilidade.

Diante da contextualização exposta, emergem a seguinte questão de pesquisa:

Como controlar o estoque de reagentes químicos de forma eficaz e eficiente?

Nesse sentido, as respostas a esses questionamentos contribuem para o desenvolvimento de um sistema automatizado de controle de estoques de reagentes químicos. A implementação desse sistema permite o rastreamento preciso, da retirada dos reagentes do almoxarifado, controle do consumo, da finalidade de uso e da identificação dos responsáveis. Além disso, o sistema possibilitará o monitoramento contínuo exigido pela Lei nº 10.357, de 27 de dezembro de 2001.

Por fim, o presente estudo espera contribuir no controle de registros detalhados dos reagentes químicos no laboratório, proporcionando a criação de um histórico de consumo e na ajuda para futuras aquisições destes materiais.

1.1 OBJETIVO GERAL

O propósito deste estudo residiu em desenvolver um sistema automático de controle de estoques para os reagentes químicos, permitindo o rastreio preciso da data e do horário de retirada dos reagentes do almoxarifado, o consumo e sua finalidade, a identificação do responsável pelo consumo, além de monitorar e emitir novos pedidos de reabastecimento.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para assegurar a viabilidade dos objetivos neste contexto, este estudo estabeleceu os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar o modelo de controle de estoque existente na literatura que tem maior aderência às características desse estoque;
- b) Projetar e implementar um sistema para registrar as transações do estoque;

1.3 JUSTIFICATIVA

Em um ambiente universitário, o controle de reagentes é de fundamental importância, uma vez que diversas atividades de ensino e pesquisa envolvem a manipulação desses produtos no cotidiano. O gerenciamento adequado desses reagentes possibilita a redução dos custos financeiros associados à aquisição de grandes volumes desses produtos.

O interesse em auxiliar na gestão e precisão de reagentes na universidade é muito relevante, especialmente considerando os desafios burocráticos que frequentemente atrasam processos nesse contexto. Devido ao trâmite do serviço público, muitas vezes, adquire-se mais do que o necessário. A experiência do autor desta pesquisa como Diretor de Administração de Materiais motivou o desenvolvimento de estudos para abordar as dificuldades encontradas nesse contexto.

Considerando os desafios impostos pela legislação vigente, especialmente no que tange ao cumprimento dos princípios da gestão dos serviços públicos, e tendo em vista a escassez de recursos humanos e físicos disponíveis, é crucial reconhecer a importância dos reagentes e produtos químicos para o funcionamento cotidiano das aulas de graduação e pós-graduação, bem como das pesquisas que dependem desses reagentes.

O controle e a acurácia desses produtos são imprescindíveis para orientar o processo de tomada de decisão, garantindo que as atividades de ensino e pesquisa não sejam prejudicadas. Além disso, é essencial que esse monitoramento seja realizado de acordo com as normas legais estabelecidas.

Os resultados gerados desta pesquisa podem contribuir para ampliar o conhecimento sobre o controle de estoque de reagentes em laboratórios e consolidar boas práticas necessárias para a gestão de informações. Com esse levantamento, é possível obter dados precisos sobre o consumo, data de aquisição, data de

vencimento, períodos de maior utilização, localização dos reagentes e quem os utilizou.

Considerando todos esses aspectos, propõe-se desenvolver uma solução de controle de estoque utilizando ferramentas como a tecnologia RFID, entre outros componentes tecnológicos. Esta tecnologia permitirá obter informações sobre quando cada reagente foi utilizado, por meio de uma leitura instantânea utilizando um sistema de informações e antena ao saírem do almoxarifado. Com essas ferramentas, a emissão de relatórios sobre os equipamentos presentes no almoxarifado tornará o processo mais fácil e rápido.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO FINAL DE CURSO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, estruturados de forma a garantir a clareza e a sequência lógica da pesquisa.

Capítulo 1 - Introdução: apresenta o tema da pesquisa, contextualizando o problema investigado, bem como os objetivos geral e específicos, a justificativa e a organização da dissertação.

Capítulo 2 - Referencial Teórico: discute os fundamentos que sustentam o estudo, abordando conceitos de gerenciamento de estoques, acuracidade no controle de insumos e sistemas de identificação por radiofrequência (RFID), além de outras contribuições da literatura pertinente.

Capítulo 3 - Metodologia: descreve os procedimentos metodológicos adotados, destacando a abordagem científica empregada e detalhando desde a seleção dos componentes até a programação do sistema e a construção do protótipo.

Capítulo 4 - Resultados e Discussão: apresenta os resultados alcançados ao longo do desenvolvimento do projeto, incluindo os testes, simulações e análises realizadas, evidenciando a contribuição do sistema para o controle de estoques laboratoriais.

Capítulo 5 - Considerações Finais: reúne as conclusões da pesquisa, destacando as principais contribuições acadêmicas e práticas, como as limitações encontradas e as possibilidades de continuidade em futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O controle de estoques baseado em registros manuais apresenta desafios significativos, como a falta de precisão nas informações e a dificuldade de monitorar o estoque. Essas limitações podem levar a problemas de falta ou excesso de reagentes, comprometendo o andamento dos experimentos de pesquisas e as aulas de graduação (Yusianto; Prasetyanto, 2010). Para solucionar esses desafios, a tecnologia RFID surge como uma ferramenta útil para ajudar neste controle (Chopde *et al.*, 2025).

Além disso, a utilização do RFID em um sistema de controle de estoques para laboratório universitário possibilita a automação do registro de retirada dos reagentes. Dessa forma, é possível realizar a rastreabilidade e ajuda os gestores a identificar padrões de uso, projetando melhor a demanda para compra futura. Essa abordagem também contribui para a segurança, pois o controle em tempo real reduz a possibilidade de extravios e facilita a localização de reagentes específicos (Percy, 2025).

2.1 CONTROLE DE ESTOQUE

Os estoques consistem em quaisquer quantidades de bens físicos armazenados por um intervalo de tempo. Eles desempenham um papel fundamental nos sistemas de produção, pois garantem a disponibilidade de insumos essenciais para o atendimento às demandas operacionais (Gurgel; Francischini, 2013, p. 91).

Complementando essa perspectiva, Vieira (2009) enfatiza que o controle de estoques é essencial para garantir a disponibilidade de produtos e, ao mesmo tempo, minimizar custos e otimizar a eficiência operacional. No entanto, a falta de um gerenciamento eficaz pode gerar custos elevados, desperdícios e comprometer a eficiência organizacional (Viana, 2002).

Paoleschi (2019) enfatiza que um sistema de armazenagem eficaz é importante para produtos com longos prazos de reposição ou com lead times prolongados, implica diretamente nos custos podendo causar à ruptura de estoque.

Complementando essa perspectiva, Vieira (2009) enfatiza que o controle de estoques é essencial para garantir a disponibilidade de produtos e, ao mesmo tempo, minimizar custos e otimizar a eficiência. A busca por este equilíbrio entre suprimento

e consumo permite que as organizações reduzam os desperdícios e mantenham a operação em funcionamento de forma ininterrupta.

Sob a perspectiva econômica, Dias (2012) aponta que a gestão eficiente de estoques pode representar uma parcela significativa do capital financeiro de uma organização. Controlando adequadamente os estoques evitando investimentos desnecessários e para garantir que os recursos financeiros sejam utilizados de maneira eficiente para evitar impactos negativos na gestão orçamentária. (Viana, 2002).

A otimização dos estoques, segundo Dias (2012), deve se concentrar no uso eficiente dos recursos financeiros, minimizando o capital investido. Esse conceito é reforçado por (Moreira, 2002, p. 463), que define os estoques como qualquer quantidade de bens físicos conservados por um determinado período, incluindo tanto produtos acabados prontos para venda quanto matérias-primas em processamento.

Para garantir a precisão das informações de estoque, Ballou (2006) destaca a importância da realização de inventários periódicos, que validam os sistemas de controle utilizados.

Paoleschi (2019, p. 123) acrescenta que a adoção de tecnologias de identificação automática, como RFID (Identificação por Radiofrequência), pode aprimorar a acuracidade dos registros, fornecendo informações em tempo real e permitindo uma tomada de decisão mais precisa e ágil.

Nos laboratórios universitários, a ausência de um controle eficiente de estoques pode resultar tanto no desabastecimento de insumos essenciais quanto no acúmulo excessivo de materiais, ocasionando desperdícios e comprometendo o andamento das atividades acadêmicas (Felippes *et al.*, 2011). Esse desafio é particularmente relevante no caso dos reagentes químicos, que, além de possuírem características de perecibilidade, demandam condições específicas de armazenamento para garantir sua integridade e segurança.

Por fim, a implementação de ferramentas, práticas e modernas, como tecnologias de identificação automática aliada a outros e procedimentos de controle interno, desempenha um papel importante na melhoria do controle do estoque (Ferreira, 2020). Esta combinação dessas abordagens irá permitir a rastreabilidade, a disponibilidade e a segurança dos materiais armazenados.

2.1.1 Sistema de Revisão Contínua

A lógica do sistema de revisão contínua é emitir uma ordem de pedido sempre que o nível de estoque se aproxima do estoque de segurança, sendo definido como o nível mínimo do estoque necessário para evitar interrupções (Fernandes; Godinho, 2010, p. 106). Nesse sistema, os níveis de estoque são acompanhados continuamente e um novo pedido é realizado quando o estoque atinge o ponto de reposição.

Este sistema se baseia na premissa de que o intervalo entre pedidos é variável e o tamanho do pedido é fixo. Sua principal vantagem está na flexibilidade, uma vez que o reabastecimento é realizado conforme a necessidade real, fundamentada no consumo e na demanda (Rahayu; Manurung, 2024).

De acordo com Murís (2019), os principais parâmetros para o funcionamento deste método levam em consideração as demandas diárias (D), o ponto de pedido (R), uma quantidade fixa (Q), o tempo de reposição determinístico (*lead time*, L) e o estoque de segurança (S). O ponto de pedido é calculado com base no consumo médio e no tempo de reposição, com a garantia que os níveis de estoque se mantenham adequados ao longo do tempo

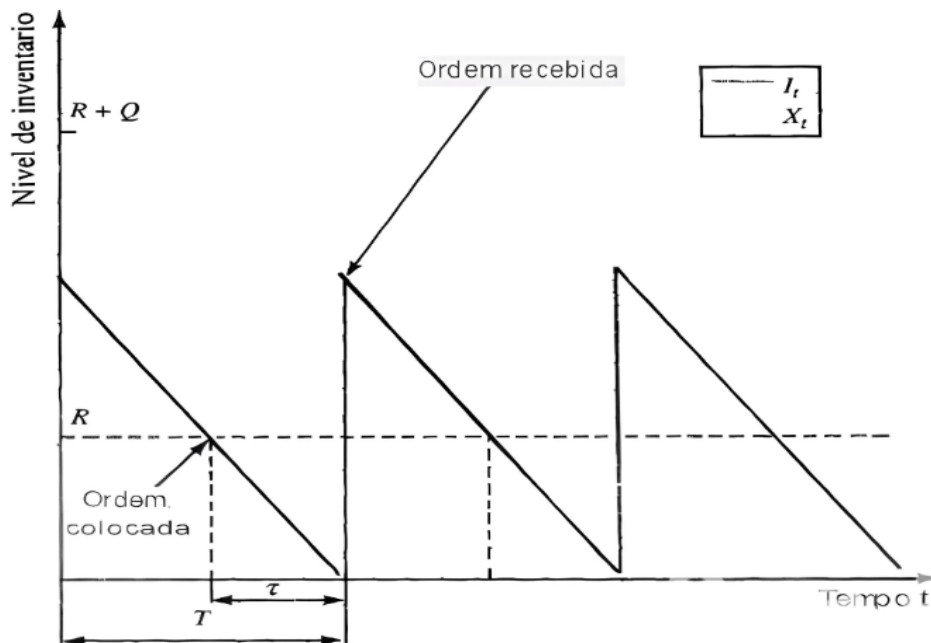
Segundo Chopra e Meindl (2016), a função do estoque de segurança é cobrir as variações imprevisíveis, possibilitando que as operações continuem sem riscos, mesmo quando surgem desvios em relação ao planejamento inicial. Assim o estoque de segurança é necessário para lidar com variações na demanda ou do lead time.

O cálculo do ponto de reposição considera o estoque de segurança e pode ser representado pela seguinte fórmula, $R=DXL+S$ onde:

- D : Demanda Diária;
- Q : Tamanho do pedido;
- L : Lead time da entrega;
- S : Estoque de segurança.

A Figura 1 apresenta o clássico gráfico dente de serra, demonstra as flutuações no nível de estoque ao longo do tempo. Nela pode se observar que o estoque diminui gradualmente à medida que é consumido, sendo reabastecido de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo sistema de revisão contínua.

FIGURA 1 - GRÁFICO DENTE DE SERRA



FONTE: Adaptado Sipper e Bulfin (1998, p. 282)

Conforme Murís (2019, p. 146), para garantir a eficiência do sistema de revisão contínua, é fundamental monitorar a posição do estoque X_t , a fim de determinar o momento ideal para a emissão de novas ordens de reposição. Assim, quando a posição do estoque atingir ou for inferior ao ponto de reposição $X_t \leq R$, deve-se emitir uma ordem de reposição no valor de Q unidades a ser emitida.

- X_t : Posição do estoque total no período t ;
- O_t : Pedido feito, mas ainda não entregue;
- I_t : Estoque já disponível em mãos.

Portanto, $X_t = O_t + I_t$.

2.1.2 Sistema de Revisão Periódica

O sistema de revisão periódica, também conhecido como sistema em que o intervalo entre pedidos é fixo e o tamanho do pedido é variável, consiste em revisar os níveis de estoque em intervalos de tempo regulares ou pré-definidos, independentemente do nível de demanda.

Conforme Fernandes e Godinho (2010), esse sistema “é conveniente em alguns casos onde há um conjunto relativamente grande de itens baratos”. Ao final de

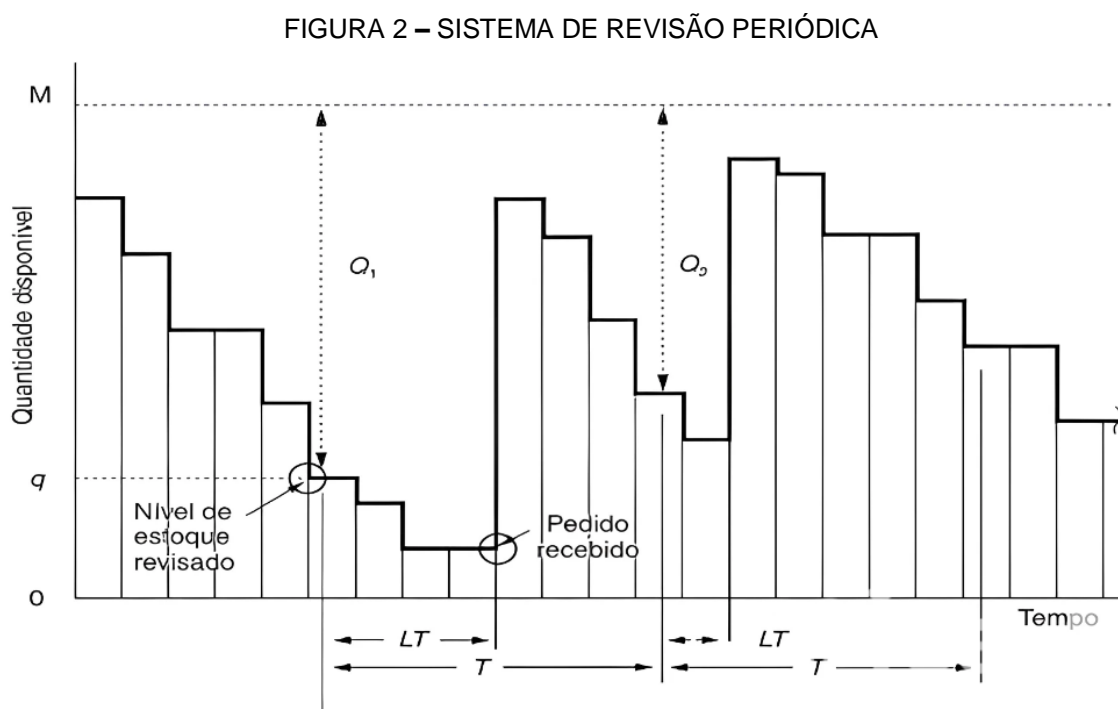
cada período de revisão, é realizada a avaliação do estoque disponível, e uma nova ordem de pedido é emitida para reposição dos itens necessários.

Este sistema é adequado para produtos com demanda estável e previsível, onde ajustes contínuos não são necessários, simplificando a gestão e reduzindo custos operacionais.

Segundo Ballou (2006) e Murís (2019), os principais parâmetros que compõem esse sistema são:

- T: Intervalo fixo, denominado de período de revisão;
- q: Nível de estoque disponível;
- Q: Ordem de pedido emitida;
- LT: *Lead time* (tempo de reposição);
- M: Nível máximo de estoque permitido.

A quantidade a ser reposta Q varia de acordo com a diferença entre o estoque atual e o nível máximo estabelecido, garantindo que os estoques se mantenham dentro dos limites planejados, conforme a Figura 2.



FONTE: Baullou (2006, p. 293)

A quantidade do item a ser compensado no sistema de revisão periódica é determinada pela seguinte fórmula, $X=M-(E+QP)$ onde:

- M: Nível máximo de estoque;

- E: Quantidade de estoque disponível no momento da revisão;
- QP: Quantidade de pedidos pendentes de entrega.

O nível máximo de estoque é definido pela fórmula, $M=D (T+LT) +E_{seg}$ onde:

- D: Demanda média por período;
- T: Período entre pedidos;
- LT: *Lead time* (tempo de reposição);
- E_{seg} : Estoque de segurança.

2.1.3 Indicadores de Acuracidade

Para mensurar os níveis de serviço na gestão do almoxarifado, Paoleschi (2019) destaca a importância de criar indicadores de acuracidade que possam refletir o nível de satisfação dos usuários. Segundo o autor, é fundamental que os controles de acuracidade sejam realizados com maior frequência e sejam divididos em períodos intercalados, fazendo um acompanhamento contínuo e detalhado do desempenho do estoque.

Esses indicadores ajudam a monitorar a precisão das informações sobre os estoques, que os produtos estejam disponíveis conforme a demanda, contribuindo na melhoria contínua dos processos de armazenamento e distribuição.

Através do indicador de acuracidade de estoque, pode-se medir a confiabilidade do estoque. Quanto menor o valor desse indicador, menor será a confiabilidade das informações sobre os estoques.

A precisão do estoque refere-se à precisão e confiabilidade das informações registradas em relação à quantidade física de itens armazenados. Arnold (2006) diz, acuracidade de estoque é uma medida da exatidão dos registros de estoque em comparação com a realidade física

A fórmula matemática utilizada para calcular o indicador de acuracidade de estoque é a seguinte:

Acuracidade de Estoque = (Quantidade Física Contada) / (Quantidade Registrada no Sistema) x 100

- Quantidade Física Contada - refere-se à quantidade real do item em estoque, conforme determinado por contagem física.

- Quantidade Registrada - no Sistema é a quantidade do item que está registrada no sistema de controle de estoque.

Este cálculo resulta em um valor percentual que indica o grau de precisão das informações do estoque.

2.2 INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais em processos produtivos (De Souza, 2022; Gomes; Martinho, 2023). De acordo com Koch *et al.* (2014), esse paradigma industrial se distingue pela convergência entre tecnologias de automação e infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI), abrangendo sensores, atuadores, controladores e protocolos de comunicação sem fio. Essa integração viabiliza o monitoramento inteligente em tempo real dos processos produtivos por meio da Internet das Coisas (IoT).

A adoção das tecnologias associadas à Indústria 4.0 possibilita não apenas a coleta e análise de dados em tempo real, mas também a sua utilização para otimizar processos e aumentar a eficiência operacional. Além disso, proporcionar benefícios adicionais, como maior segurança e a redução dos impactos ambientais.

Um aspecto central da *Internet of Things* (IoT), é que o mesmo possibilita a coleta, o processamento e análise dos dados gerados pelos dispositivos físicos conectados à internet. Esse recurso possibilita a integração de informações em tempo real, com o monitoramento remoto e a automação de diversos processos. Com essa capacidade permite que informações críticas sejam acessadas e compartilhadas de maneira ágil, independentemente da localização do usuário (Gilchrist 2016, Predescu *et al.*, 2020).

A computação em nuvem, por sua vez fornece a infraestrutura necessária e estratégica para potencializar o desempenho da IoT, assegurando escalabilidade, interconexão e suporte as aplicações em diferentes áreas, como logística, saúde, indústria e gestão de estoques (Atzori *et al.*, 2010; Sjödin *et al.*, 2018; Kumar *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a transformação digital emerge como um processo fundamental para a modernização organizacional. Conforme Miśkiewicz e Wolniak (2020), a transformação digital refere-se à incorporação de tecnologias digitais em

todas as dimensões de uma organização, alterando significativamente a forma como as operações são conduzidas e como o valor é entregue aos usuários. Esse processo transcende a simples automação de tarefas, envolve toda a reestruturação organizacional com a adoção de novos modelos de negócios orientados por controle de dados (Fenández *et al.*, 2023).

É fundamental distinguir os conceitos de digitalização e digitação. Enquanto a digitação refere-se à entrada manual de informações em formato digital (Yoo *et al.*, 2012), a digitalização corresponde à conversão de processos físicos em digitais, permitindo a automação e a integração de dados em plataformas unificadas (Gradillas; Thomas, 2023).

O processo de digitalização é um pilar fundamental da transformação digital, pois viabiliza a análise de informações em tempo real, a tomada de decisões baseadas em dados e a automação de tarefas repetitivas (Parida *et al.*, 2019).

Nas Instituições de Ensino Superior (IES), a transformação digital tem avançado em direção a uma experiência educacional mais flexível e personalizada, impulsionada pela necessidade de modernização dos processos administrativos e pedagógicos (Fenández *et al.*, 2023). Iniciativas como a implementação de sistemas de gestão acadêmica, a exemplo do Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP), bibliotecas digitais, ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) e plataformas de administração eletrônica, como o Sistema Eletrônico de Informações (SEI), têm ganhado destaque no apoio ao desenvolvimento das atividades acadêmicas.

A digitalização, nesse contexto, não apenas transforma as práticas administrativas e acadêmicas, mas também promove ganhos de eficiência, sustentabilidade e agilidade, que permite as instituições se adaptem a novas demandas e ampliem o acesso e a transparência em suas operações (Ustundag; Cevikcan, 2017).

2.2.1 RFID

A Identificação por Rádio Frequência (RFID - *Radio-Frequency Identification*) é uma tecnologia de comunicação sem fio baseada em radiofrequência, utilizada para transmitir dados entre dispositivos (Sabarish *et al.*, 2014; Zeng *et al.*, 2015). A evolução desta tecnologia, resultou em uma crescente variedade de etiquetas

eletrônicas (*tags*) e de leitores de diversos tipos, o que contribuiu significativamente para a redução de custos e para a acessibilidade econômica dessa tecnologia.

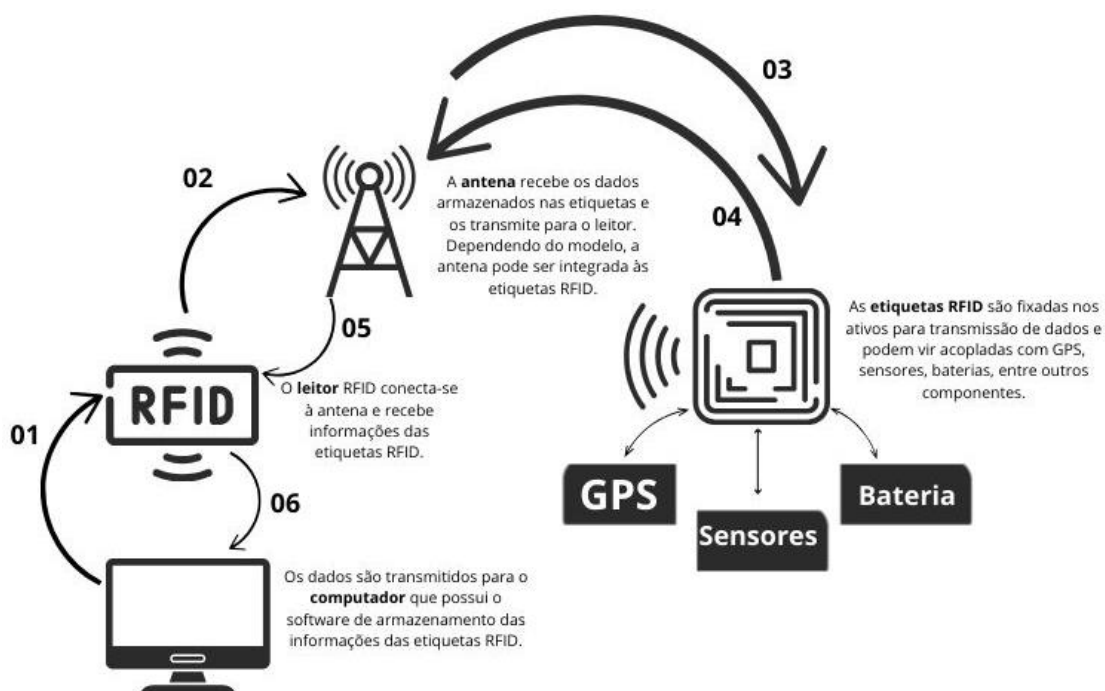
A tecnologia RFID (*Radio-Frequency Identification*), segundo Finkenzeller (2010) é capaz de identificar os objetos em tempo real, via radiofrequência com aplicações em transportes logísticos, segurança de acesso, pagamentos e controle de estoque, entre outros. A tecnologia RFID é baseada na utilização de ondas eletromagnéticas de radiofrequência, que permitem transmitir dados de identificação ou localização de produtos.

Segundo Finkenzeller (2010), o sistema básico RFID é composto por:

- Etiquetas (*tags* ou transponder), que são os objetos a serem identificados;
- Antena, que é o dispositivo que captura a energia do campo eletromagnético gerado pelo leitor e transforma a energia para alimenta a etiquetas RFID;
- Leitor ou gravador, é o dispositivo que emite um sinal de radiofrequência através de sua antena e realiza a leitura/gravação das etiquetas;
- Computador com software de gerenciamento do sistema de leitura.

A Figura 3 apresenta um esquema lógico com a utilização do sistema RFID.

FIGURA 3 - SISTEMA RFID



FONTE: Autoria própria (2025)

2.2.2 Etiqueta RFID (TAG)

Segundo Montalvão (2016), as etiquetas podem ser classificadas quanto a sua fonte de energia em etiquetas: passivas, semiativas e ativas. A presença de uma fonte de alimentação influenciará nas seguintes características das etiquetas: custo, tempo de vida, volume física da etiqueta, capacidade de transmissão e capacidade de processamento.

Etiquetas passivas são aquelas que não possuem bateria, sendo alimentadas pelos campos eletromagnéticos emitidos pelo leitor, a etiqueta tem uma antena que é ativado ao receber este sinal. O funcionamento desse processo ocorre da seguinte forma:

1. O computador é o dispositivo no qual está instalado o software de gerenciamento. Ele atua como sistema central de armazenamento das informações e coordena todo o processo de comunicação;
2. O leitor RFID, que emite ondas de rádio e cria um campo eletromagnético. Esse campo é responsável por energizar e estabelecer a comunicação com as etiquetas;
3. A etiqueta passiva é constituída por um circuito integrado e uma antena impressa sobre sua superfície, encapsulados em sua estrutura. A antena desempenha a função de captar as ondas eletromagnéticas emitidas pelo leitor, que são convertidas em energia elétrica suficiente para alimentar o circuito integrado. Esse processo permite que a etiqueta retransmita as informações armazenadas, sem a necessidade de bateria interna, desde que esteja dentro do alcance do campo eletromagnético do leitor.
4. O circuito integrado da etiqueta é ativado e modula as informações armazenadas (como o código único e os dados gravados), que são retransmitidas pela antena da etiqueta até o leitor RFID;
5. O leitor RFID recebe essas informações e as transmite novamente ao computador,
6. O computador processa, gerencia e armazena os dados, possibilitando a integração com sistemas de controle, rastreabilidade e monitoramento em tempo real.

Esse tipo de etiqueta normalmente possui tamanho menor e baixo custo tanto de aquisição quanto de manutenção por não utilizar baterias, fatores que a tornam atraentes para o monitoramento de itens em alto volume. Contudo, por não utilizarem bateria, sua capacidade de transmissão é restrita pela distância máxima de dados entre leitor e etiquetas. A Figura 4 apresenta uma imagem ilustrativa de um rolo de etiquetas passivas.

FIGURA 4 - TAG PASSIVA



FONTE: Autoria própria (2025)

Etiquetas semiativas possuem uma fonte de energia interna (bateria) que fornece energia, possibilitando um alcance de transmissão maior. A comunicação é iniciada, somente após uma requisição de comunicação do equipamento de recepção (leitor), ou seja, a etiqueta não pode iniciar comunicação, mas quando esta é iniciada, ela utiliza uma bateria para ampliar sua capacidade de transmissão e de processamento. Essa estratégia permite uma utilização econômica da bateria.

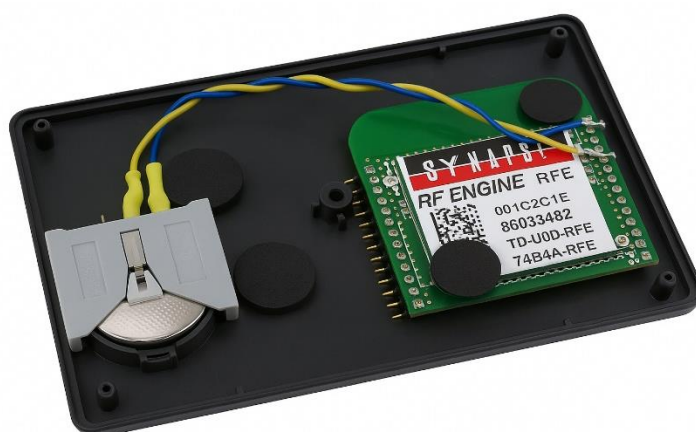
Por possuírem baterias, as etiquetas semiativas têm um custo de aquisição, manutenção e tamanho mais elevados em comparação com as etiquetas passivas. Como principal vantagem, têm um alcance maior em capacidade de transmissão e na capacidade de processamento se comparado com as etiquetas passivas.

Etiquetas ativas possuem uma fonte de energia interna (bateria) e podem iniciar a comunicação emitindo o próprio sinal para o leitor. Seus transmissores podem atingir vários quilômetros e coletar dados em movimento. Este tipo de etiqueta possui duas formas de operação: a primeira, na qual a etiqueta envia dados instantaneamente conforme sua programação e inicia o processo de comunicação com o receptor; e a

segunda, na qual a comunicação é iniciada a partir de uma requisição do receptor (semelhante às etiquetas passivas e semiativas).

As etiquetas ativas podem ser integradas com outros dispositivos, como GPS (*Global Positioning System*), que envia sua localização exata. Por terem todas essas características de maior controle, têm um valor comercial alto e são utilizadas apenas em produtos de alto valor agregado. A Figura 5 apresenta uma imagem de etiqueta ativa.

FIGURA 5 - TAG ATIVA



FONTE: Couto, Malafaia (2019).

2.2.3 Antena e Leitor de RFID

Na tecnologia RFID, os leitores desempenham um papel fundamental ao emitir sinais de rádio que ativam as tags, permitindo que estas transmitam suas informações de identificação. Conforme Balanis (2016), a antena em um sistema RFID é responsável por viabilizar a comunicação sem fio entre os leitores e as tags por meio da radiação de ondas eletromagnéticas.

De acordo com autores Dobkin (2008), Balanis (2016) e Montalvão (2016), o desempenho de antenas em sistemas de comunicação como os de RFID, é influenciado por parâmetros essenciais. Entre eles destacam-se:

- Largura de banda, que define a faixa de frequência de operação;
- Diretividade relacionada à concentração da energia irradiada em determinada direção;
- Polarização que garante o alinhamento adequado entre a antena e a tag;
- Impedância que deve estar corretamente ajustada para minimizar perdas de sinal;

- Eficiência de radiação que expressa a proporção de energia efetivamente irradiada em relação à energia recebida.

Estes parâmetros são cruciais no projeto de sistemas de antenas, pois cada um deles desempenha um papel específico na caracterização e no desempenho das antenas em aplicações de comunicação sem fio, assegurando uma comunicação estável e eficiente entre leitor e a etiqueta

2.2.4 Frequências de Operação RFID

Segundo Byondi e Chung (2019) as ondas eletromagnéticas utilizadas pelos sistemas RFID sofrem influência significativa das condições do ambiente operacional. Elementos como interferências eletromagnéticas a presença de materiais condutores ou absorventes e barreiras físicas podem impactar negativamente o desempenho do sistema.

O alcance de leitura em sistemas RFID não é determinado diretamente pela frequência de operação das etiquetas, mas pela potência do sinal emitido pela sensibilidade do leitor e pelas condições de propagação no ambiente (Thornton et al., 2006; Serres et al., 2015).

Entretanto, diferentes faixas de frequência apresentam comportamentos distintos de atenuação e interação com materiais. As frequências mais baixas possuem maior capacidade de penetração em líquidos e materiais não metálicos, ainda que apresentem menor alcance prático, já frequências mais altas permitem leituras a distâncias maiores, mas são mais suscetíveis a interferências e absorção por líquidos e superfícies metálicas (Thornton et al., 2006; Serres et al., 2015).

A adoção de frequências adequadas, aliada a um planejamento do ambiente de instalação, é fundamental para assegurar a eficiência do sistema RFID. Essas práticas permitem diminuir os efeitos de interferências e melhorando o desempenho do sistema em diferentes cenários de aplicação (Lehpamer, 2012; Stutzman; Byondi; Chung, 2019).

O Quadro 1 apresenta as bandas de frequência mais utilizadas em sistemas RFID, destacando suas faixas, vantagens e desvantagens.

QUADRO 1 - BANDAS DE FREQUÊNCIA

Bandas de Frequência			
Faixa	Frequência	Benefícios	Desvantagens
Baixa-Frequência (LF)	125 KHz - 135 KHz	- Trabalha perto de metal; - Muito utilizada em ambientes internos.	- Alcance de leitura inferior a 1 metro; - Impraticável para operações de armazém.
Alta - Frequência (HF)	13.56 MHz	- Trabalha perto de metal; - Maior a rapidez na leitura da <i>tag</i> , em comparação com a etiqueta passiva.	- Alcance de leitura inferior a 1,5 metros;
Ultra - Alta - Frequência (UHF)	433 KHz - 956 MHz	- Maior alcance de leitura, até 100 metros.	- Não funciona corretamente em ambientes úmidos. - As <i>tags</i> apresentam desafinação quando próximas umas das outras.
Ultra - Alta - Frequência (UHF) e Super - Alta - Frequência (SHF)	2.45 GHz Ou 5.9 GHz	- Alcance de leitura Similar ao UHF; - Crescente uso comercial.	- Desenvolvimento de sistemas complexos; - Alto custo para aquisição deste modelo.

FONTE: Autoria própria, 2024. (Adaptado de Sullivan e Happek, 2005 e Lehpamer, 2012)

2.2.5 RFID Aplicado no Gerenciamento de Estoques

Conforme Mokhtari et al. (2025), a tecnologia RFID desempenha um papel essencial na modernização dos sistemas de gerenciamento de estoques, especialmente quando integrada à *Internet of Things* (IoT). Sua aplicação possibilita a automatização de processos como identificação de mercadorias, rastreamento logístico e monitoramento das condições de armazenamento (Belisário; Rodolpho, 2022).

Estudos experimentais, como o de Yusianto e Prasetyanto (2025), demonstram que a implementação da tecnologia RFID em pequenas e médias empresas do setor varejista melhora significativamente o controle de estoque, reduzindo erros humanos, aumentando o nível de automação e garantindo maior precisão das informações.

Como consequência, há também uma redução do tempo necessário para as etapas de distribuição e reposição de mercadorias.

A integração de tags RFID no gerenciamento de estoques também contribui para o rastreamento em tempo real e a prevenção de perdas e furtos. Nas últimas duas décadas, as pesquisas relacionadas a essa tecnologia se concentraram em aspectos como projetos, padrões, protocolos, arquiteturas e aplicações, abordando desafios recorrentes, tais como a acuracidade do inventário e a falta de transparência na cadeia de suprimentos (Percy et al., 2025).

Nesse contexto, Chope et al. (2025) apresentam um estudo sobre um sistema de gerenciamento de estoque baseado em Comunicação por Campo de Proximidade (Near Field Communication – NFC), integrado a uma interface web e a um banco de dados MySQL. Após a leitura das etiquetas, as informações são registradas e processadas, sendo disponibilizadas em um aplicativo móvel. A implementação desse tipo de sistema contribui para melhorar a acuracidade e a eficiência dos sistemas de inventário.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo busca compreender as fragilidades no controle de estoques e as demandas específicas do laboratório multidisciplinar, analisando as práticas existentes e as dificuldades enfrentadas.

Para estruturar e desenvolver a solução proposta, o método escolhido foi o *Design Science Research* (DSR), utilizado para mapear e identificar problemas nos processos e para a criação de um protótipo funcional que auxilie no controle de estoque.

O *Design Science Research* (DSR) é um processo de conhecimento voltado para a concepção e desenvolvimento de artefatos, por meio de etapas metodológicas bem definidas. Essa abordagem auxilia na resolução de problemas observados, mas também contribui para a evolução da prática científica e tecnológica (Lacerda *et al.*, 2013). Como cita Hevner *et al.*, 2004 a DSR se concentra na criação e avaliação de artefatos, como modelos, sistemas, processos e frameworks, que contribuem para a resolução de desafios organizacionais.

Conforme Lacerda *et al.* (2013, p. 02), “para que haja maior confiabilidade das teorias propostas, é necessário avançar o rigor metodológico, principalmente em questões de validade”, assim a DSR não apenas resolve problemas práticos, mas como fortalece a confiabilidade e a validade dos modelos teóricos.

Segundo Peffers *et al.*, (2007); Dresh, (2013); Lacerda *et al.*, (2013), a DSR é estruturada em seis etapas, que guiam o processo de desenvolvimento de soluções baseadas em artefatos. Essas etapas permitem um desenvolvimento sistemático e rigoroso de soluções aplicáveis a problemas práticos, promovendo a integração entre pesquisa acadêmica e inovação tecnológica.

No Quadro 2 contextualiza as fases do DSR e as respectivas atividades no contexto da pesquisa:

QUADRO 2 - FASES DO DSR E O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

Etapas da DSR	Descrição dos procedimentos
Identificação do Problema e motivação	- Identificar e evidenciar a situação problemática, explorar o ambiente e suas interações com o artefato. - Definir as métricas e critérios para a aceitação da solução do artefato.
Sugestão ou Definição dos Objetivos da Solução	- Estabelecer requisitos para a construção do artefato, registrar as tentativas de desenvolvimento e as razões para a exclusão de algumas tentativas.
Design e Desenvolvimento do Artefato	- Processo da escolha das ferramentas para a construção do artefato em si, onde é realizado o desenvolvimento do que foi sugerido na etapa anterior.
Demonstração	- Aplicação dos artefatos em um ambiente real ou simulado, verificar a funcionalidade e a capacidade de solução do problema proposto.
Avaliação	- Evidenciar os resultados do artefato, destacando o que funcionou conforme o previsto e os ajustes necessários para seu aprimoramento.
Comunicação	- Documentar e publicar os resultados da pesquisa.

Fonte: Autoria própria, 2025. (Adaptado de Dresh, 2013; Lacerda *et al.*, 2013)

Na etapa de Identificação do Problema e Motivação, foi realizada uma análise do cenário atual do laboratório por meio de entrevistas com o professor coordenador, técnico responsável e os pesquisadores. Esta etapa visou compreender a rotina do laboratório e identificar as principais dificuldades no controle de insumos. Além disso, foram realizadas observações diretas dos processos de gestão de reagentes, análise dos procedimentos de registro e compra, e o mapeamento dos processos envolvidos na administração do estoque.

Com base no diagnóstico obtido na etapa anterior, para a Sugestão ou Definição dos Objetivos, foi proposto um sistema de controle de dados estruturado capaz de armazenar e processar informações. O sistema proposto tem uma interface gráfica para interação com o usuário e um protótipo que permitiu o rastreamento e a movimentação dos reagentes em tempo real.

Na etapa de Desenvolvimento do Artefato, foi realizado a concepção e implementação do sistema. Esse processo incluiu a modelagem do banco de dados, com a definição de tabelas e seus relacionamentos para organizar as informações dos reagentes armazenados, além disso, foi realizado a montagem do protótipo, que integrará a tecnologia de identificação por RFID com uma balança para monitorar o consumo dos reagentes.

Para validar o funcionamento do protótipo, as etapas de Demonstração e Avaliação foram condensadas. Foram realizadas simulações de retirada e devolução de reagentes, além de testes de pesagem para verificar os resultados da balança e seu tempo de resposta na integração com o sistema de controle. Esses testes permitirão realizar ajustes e implementar melhorias antes da versão final do sistema.

A etapa de Comunicação compreende os materiais relacionados à publicação da dissertação e ao produto tecnológico desenvolvido. A dissertação apresenta os processos de concepção, desenvolvimento, testes e os resultados obtidos com a implementação do sistema de controle de estoques voltado ao gerenciamento de reagentes laboratoriais.

O produto tecnológico será apresentado como uma solução integrada para o monitoramento e rastreabilidade de insumos, com potencial de aplicação em outros laboratórios acadêmicos ou institucionais. A divulgação ocorrerá por meio do repositório institucional da Universidade Federal de São Carlos (UFUSCar) sendo possível futuras adaptações ou aprimoramentos do sistema.

4 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PARA CONTROLE DE ESTOQUE

4.1 GESTÃO DE ESTOQUES EM LABORATÓRIOS MULTIDISCIPLINARES DE BROMATOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo atuar na gestão de estoques de um laboratório multidisciplinar pertencente uma Instituição de Ensino Superior Federal, que atende aos cursos de graduação, pesquisas e às atividades de pós-graduação.

O laboratório desempenha um papel fundamental ao oferecer suporte às disciplinas que estudam a composição química e a quantificação dos nutrientes presentes nos alimentos, por ser espaço multidisciplinar que abrange áreas de nutrição e proteína animal. Além disso, o laboratório atua como um motivador promovendo a integração do conhecimento teórico dos alunos com as rotinas experimentais e técnicas analíticas.

As disciplinas que utilizam o laboratório, são:

- a. Bioquímica Aplicada à Produção Animal;
- b. Fisiologia da Digestão e do Metabolismo em Ruminantes;
- c. Caracterização de Alimentos na Pecuária de Corte;
- d. Bromatologia Aplicada à Produção Animal;
- e. Alimentação e Nutrição de Ruminantes;
- f. Genética, Melhoramento e Reprodução Animal;
- g. Morfologia e Fisiologia Animal;
- h. Bioquímica Vegetal;
- i. Microbiologia Ambiental;
- j. Pastagens e Forragens.
- k. Microbiologia Ambiental;
- l. Pastagens e Forragens.

Este laboratório é muito utilizado, não apenas em aulas, mas também nas pesquisas conduzidas por docentes e discentes. Uma das áreas de maior destaque no uso do laboratório são pesquisas relacionada à nutrição animal e beneficiamento de proteínas animais.

Atualmente, o estoque de reagentes do laboratório é composto por 117 unidades de produtos químicos, cuja gestão apresenta desafios significativos. A variedade de reagentes e seus diferentes estados físicos exigem condições

específicas de armazenamento, no controle de temperatura sendo fiscalizado pela Polícia Federal o que torna o processo de gerenciamento mais complexo.

Esta pesquisa contribui diretamente para a melhoria da gestão de estoques no referido laboratório, e atende às demandas específicas tanto dos cursos de graduação e pós-graduação quanto das pesquisas especializadas realizadas na instituição.

O laboratório é gerido por um técnico formado em Química, responsável por coordenar as rotinas diárias e prestar suporte na execução dos ensaios. As atividades desenvolvidas no local estão estruturadas em duas principais rotinas de trabalho: as aulas práticas de graduação e as pesquisas científicas, que envolvem tanto a iniciação científica quanto os estudos realizados pelos alunos de pós-graduação.

Cada uma dessas rotinas impõe demandas específicas para o uso do laboratório, tanto em relação aos equipamentos disponíveis quanto ao consumo de reagentes. No caso das aulas práticas, o professor encaminha ao técnico a lista de materiais e a rotina experimental a ser seguida, conforme Figura 6.

FIGURA 6 - DIAGRAMA DE CASO DE USO AULAS PRÁTICAS

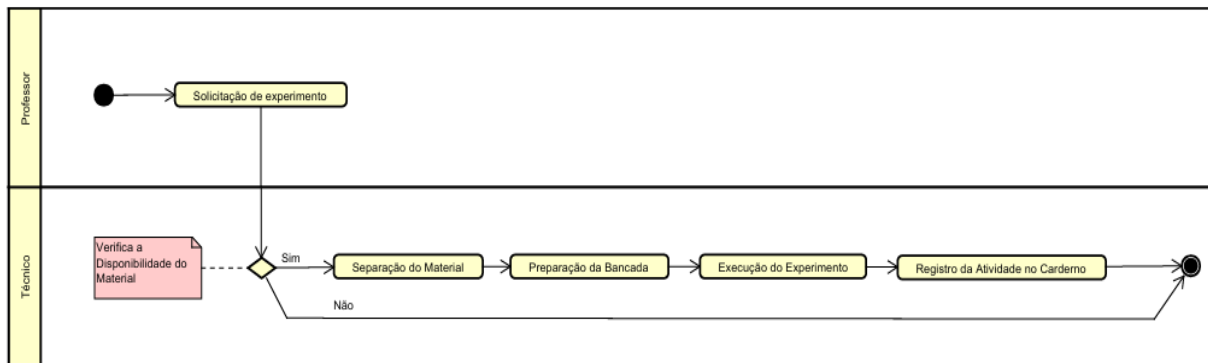


FONTE: Autoria própria, 2025

Com base na lista de materiais fornecida, o técnico é responsável por separar os reagentes necessários para a aula, organizar os insumos, preparar as bancadas e auxiliar o professor na execução do experimento. Ao final da atividade, o técnico recolhe os reagentes, faz o descarte adequado dos resíduos e, caso algum reagente não tenha sido diluído para o experimento, retorna-o ao estoque.

Os experimentos são planejados previamente, antes do início de cada semestre, quando os professores registram o planejamento de ensino, incluindo o número de aulas práticas previstas. Nessa etapa, o consumo de reagentes tende a ser relativamente regular, pois é determinada pela quantidade de disciplinas ofertadas e pela quantidade de alunos matriculados, fatores definidos no processo de matrícula. A Figura 7 ilustra detalhadamente como esse planejamento é realizado.

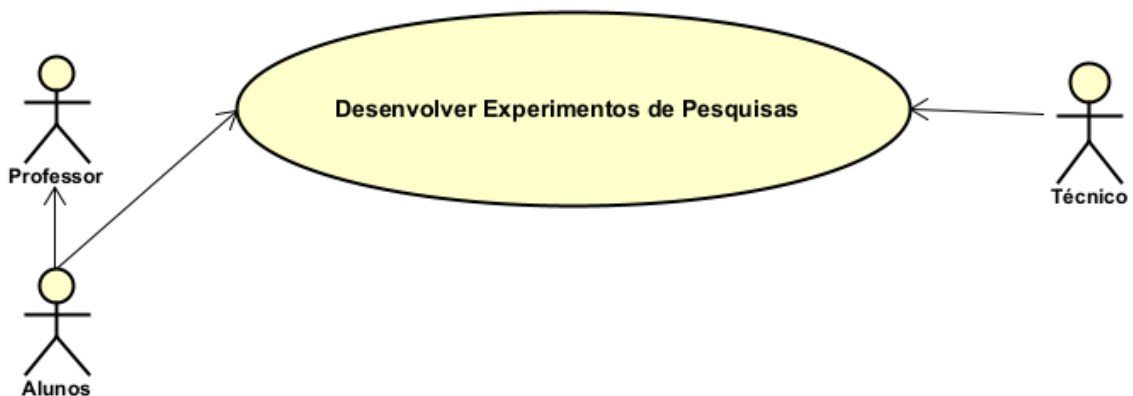
FIGURA 7 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES DAS AULAS PRÁTICAS



FONTE: Autoria própria, 2025.

Nos casos em que o experimento de pesquisa for conduzido por um aluno de iniciação científica da graduação, sem a supervisão direta de um professor, é necessário apresentar previamente o “Termo de Liberação”. Este documento deve conter a descrição da rotina experimental, a lista de reagentes a serem utilizados, e a assinatura do professor orientador. Nessas situações, o técnico é responsável por separar o material necessário, acompanhar o aluno durante a execução do experimento e garantir que todos os procedimentos sejam seguidos corretamente. A Figura 8 apresenta um diagrama de *Use Case* que ilustra detalhadamente essa rotina.

FIGURA 8 - DIAGRAMA DE CASO DE USO EXPERIMENTOS DE PESQUISAS



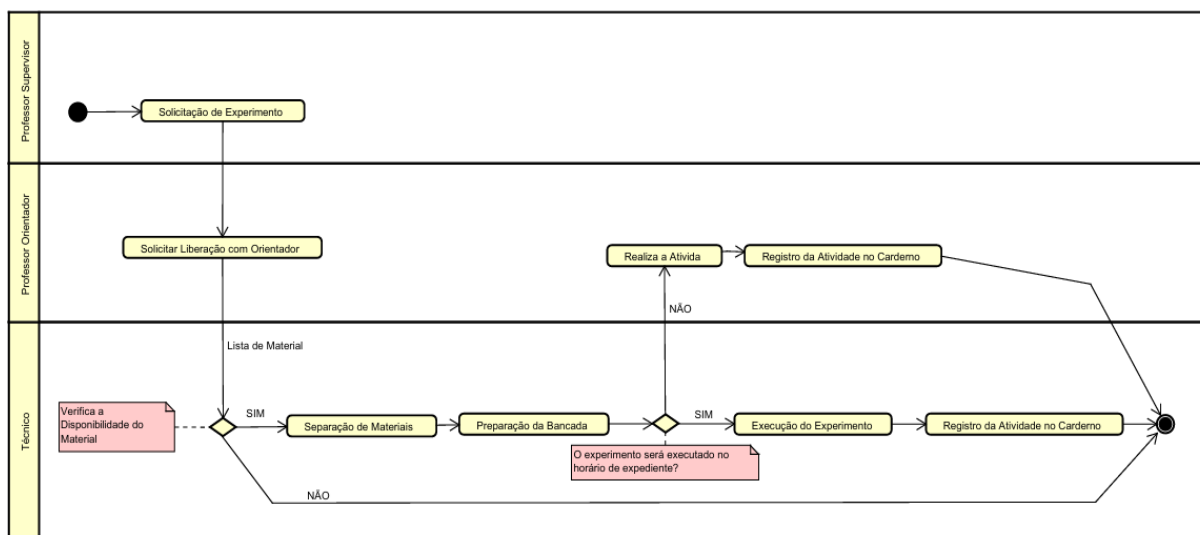
FONTE: Autoria própria 2025

Para os alunos de pós-graduação, o processo é menos formalizado em comparação com os alunos de graduação. Não é necessário apresentar documentos específicos, como o "Termo de Liberação"; basta que o técnico seja informado diretamente sobre os materiais necessários e as rotinas experimentais a serem realizadas. Caso o aluno precise de assistência durante o experimento, o técnico pode ajudar na condução da rotina.

Neste caso, o consumo de reagentes em experimentos de pesquisa tende a variar devido a diversos fatores, como o número de alunos envolvidos em projetos de pós-graduação, a participação de pesquisadores externos e a presença ou não do professor responsável no laboratório ao longo do ano. Essas variáveis influenciam diretamente a demanda por insumos, tornando o consumo de reagentes menos previsível, especialmente quando comparado às aulas práticas, cujas necessidades são mais constantes.

Além disso, quando os alunos de pós-graduação utilizam o laboratório fora do horário de expediente (07h às 11h ou 13h às 17h), devem registrar no caderno de controle interno a lista de materiais utilizados, a rotina executada e os responsáveis pelo experimento. A Figura 9 ilustra, por meio de um diagrama de atividades, o fluxo operacional desse processo no laboratório.

FIGURA 9 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES EXPERIMENTOS DE PESQUISAS



FONTE: Autoria própria, 2025.

Atualmente, a instituição não possui um almoxarifado central específico para o armazenamento de reagentes químicos, o que significa que cada curso é responsável tanto pela compra quanto pelo armazenamento desses insumos. O processo de reabastecimento ou aquisição é conduzido por uma equipe composta pelos professores que utilizam os reagentes e pelo técnico do laboratório, que ficam encarregados de identificar as necessidades de insumos para o curso.

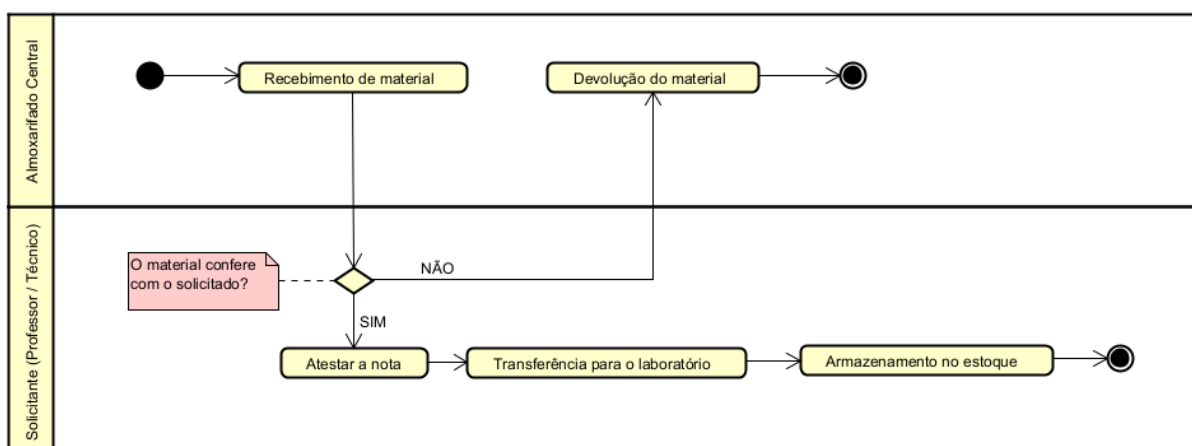
A aquisição dos materiais pode ocorrer de duas formas: via processo de termo de referência, conforme citado na introdução, ou por compra direta, através de uma instituição de fomento à pesquisa. Neste último caso, o professor ou o técnico cadastra

um projeto de pesquisa e, com os recursos destinados a ele, realiza a compra dos reagentes necessários.

Segundo as diretrizes da IN 205/1988, o recebimento desses insumos deve ser feito pelo almoxarifado central da instituição, onde um colaborador específico é responsável por esse procedimento. Esse colaborador recebe os materiais da transportadora e realiza a conferência apenas do volume entregue, sem abrir as caixas para verificar o conteúdo.

Após o recebimento, o solicitante é informado para realizar a conferência e atestar sua conformidade. Concluída essa etapa, os insumos são transferidos para o laboratório onde são armazenados conforme suas especificações. A Figura 10 ilustra, por meio de um diagrama de atividades, o fluxo do processo de recebimento e armazenamento.

FIGURA 10 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES DO PROCESSO DE RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO



FONTE: Autoria própria 2025

Os reagentes químicos podem ser armazenados em diferentes tipos de vasilhames, dependendo de suas características específicas, como volatilidade, corrosividade e sensibilidade à luz ou ao ar. Os principais recipientes utilizados incluem frascos de vidro, frascos de polietileno ou polipropileno, e frascos de policarbonato, entre outros.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

A análise das rotinas do laboratório revelou várias fragilidades no controle de reagentes e no gerenciamento do seu consumo. O controle atual depende da

experiência subjetiva do técnico responsável, que, com quase 12 anos de atuação no setor, estima o consumo anual de reagentes. Essa abordagem resultava frequentemente na aquisição de quantidades excessivas de produtos, gerando custos desnecessários e desperdício de recursos.

Outro ponto crítico identificado foi a ineficiência do "Termo de Liberação". Embora esse documento seja essencial para autorizar a realização de experimentos, ele não é utilizado como um registro histórico. Ao final de cada semestre ou ano, os termos são descartados, sem uma análise que pudesse contribuir para a rastreabilidade dos insumos ou para o planejamento estratégico de compras e utilização.

As práticas relacionadas aos alunos de pós-graduação apresentaram desafios adicionais. Diferentemente dos alunos de graduação, esses estudantes não precisam apresentar o "Termo de Liberação" para realizar seus experimentos, o que lhes conferia acesso irrestrito ao estoque de reagentes. Além disso, muitos alunos utilizavam o laboratório fora do horário de expediente — inclusive à noite e nos finais de semana — quando o técnico não estava presente.

Essa liberdade, embora necessária para a autonomia dos pós-graduandos, frequentemente resultava em desorganização no estoque de reagentes, com produtos sendo encontrados fora de seus locais de armazenamento ou, em alguns casos, em locais totalmente inadequados, como no chão. Como ilustra a Figura 11, essa falta de organização, comprometia a segurança e no controle do estoque laboratorial.

FIGURA 11 - ESTOQUE DE REAGENTES



FONTE: Aatoria própria 2025

4.3 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA SOLUÇÃO

O registro dos dados no controle de estoque é essencial para garantir a gestão eficiente dos insumos utilizados no laboratório. A rastreabilidade dos reagentes permite acompanhar todo o ciclo de vida dos produtos, desde a aquisição até o consumo, garantindo os materiais estejam disponíveis quando necessário.

A previsão de consumo é outro aspecto importante, pois possibilita o planejamento adequado das reposições, reduzindo a aquisição da quantidade excessiva ou insuficiente de reagentes. Com um histórico de uso detalhado, torna-se possível identificar os padrões de consumo para otimizar a gestão de consumo.

Com o registro das atividades desenvolvidas no laboratório, é possível associar os reagentes utilizados aos experimentos realizados em aulas práticas e pesquisas, facilitando a organização e a emissão de relatórios com o consumo. Esse controle contribui para as operações de compras do laboratório.

A implementação de um sistema estruturado para o controle de estoque, que inclua previsão de consumo, monitoramento das atividades e fiscalização de insumos controlados, não visa apenas otimizar a gestão dos recursos laboratoriais, mas também garantir a segurança no manuseio desses materiais.

O monitoramento dos insumos controlados pela Polícia Federal (PF) é imprescindível para garantir a conformidade com as normas de fiscalização. O armazenamento e a movimentação de reagentes controlados que exigem registros detalhados, para a prestação de contas às autoridades reguladoras.

Com base nesses diagnósticos, evidenciou-se a necessidade de implementar um sistema de gestão de estoques que inclua o registro dos reagentes, a data da validade, as requisições do consumo, a identificação dos responsáveis pelo uso dos insumos e os horários de realização dos experimentos ou da retirada do produto.

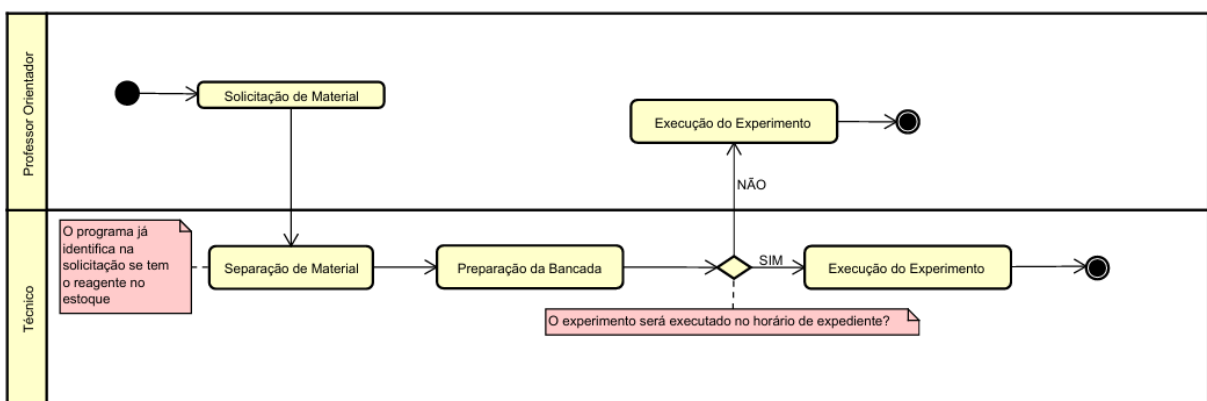
Propõe-se, então, a criação de um sistema de informação web integrado para aprimorar o controle de estoques. Nesse sistema, o professor ou técnico do laboratório será responsável por planejar e registrar as solicitações de demanda de reagentes em um programa de controle. Nos casos em que os experimentos forem realizados fora do horário de expediente, o material será previamente separado e deixado na bancada.

Um ponto essencial dessa proposta é a restrição de acesso dos alunos ao estoque de reagentes do laboratório. Mesmo quando os experimentos forem realizados fora do horário de expediente, os materiais necessários deverão ser

solicitados previamente. O técnico do laboratório será responsável por separar os insumos na bancada antes do uso, disponibilizando apenas a quantidade necessária e após a conclusão dos experimentos, ele recolherá os materiais e realizará o descarte correto.

Essa medida tem o intuito de garantir maior segurança, rastreabilidade e eficiência na gestão dos insumos laboratoriais, especialmente aqueles sujeitos a regulamentação. A Figura 12 ilustra como será organizado o novo processo de solicitação de materiais no laboratório.

FIGURA 12 - DIAGRAMA DE ATIVIDADES SOLICITAÇÕES DE MATERIAIS NO LABORATÓRIO



FONTE: Autoria própria 2025.

4.4 DESIGN E DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

Nesta etapa do estudo, tem início o desenvolvimento de um sistema de informação integrado para o controle de estoques do laboratório, juntamente com a criação de um protótipo tecnológico inovador. Este protótipo permitiu a identificação automática dos reagentes por meio da tecnologia RFID, combinada a uma balança de precisão que registrará o peso dos reagentes.

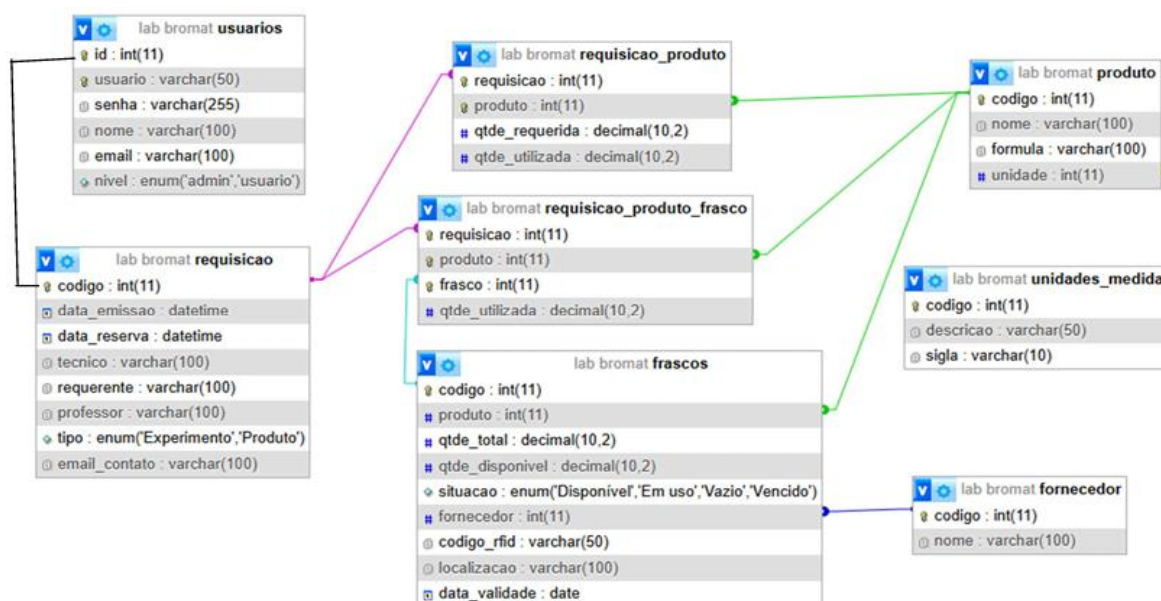
4.4.1 Desenvolvendo o Banco de Dados

Para o controle de estoque, deu-se início à criação do banco de dados, com o objetivo de armazenar de forma segura os registros de entrada e saída dos reagentes. MySQL foi escolhido como o sistema de gerenciamento de banco de dados, devido à sua alta compatibilidade com aplicações web e à sua robustez na gestão de grandes volumes de dados.

No projeto, o servidor web acessa o banco MySQL para realizar operações de cadastro de reagentes, requisições para experimento e produto, relatório de estoque e relatório de consumo.

A Figura 13 apresenta o Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) do banco de dados MySQL, ilustrando as tabelas criadas e evidenciando a estrutura lógica adotada no projeto. Essa estrutura fornece o suporte necessário para as funcionalidades de rastreabilidade e controle do estoque automatizado.

FIGURA 13 - DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO (DER)



FONTE: Autoria própria 2025.

O banco de dados desenvolvido neste projeto foi projetado com o objetivo de gerenciar o estoque, a distribuição e o uso de produtos químicos em um ambiente laboratorial universitário. Sua estrutura relacional contempla diversas tabelas interligadas, com controle eficiente dos produtos, das requisições e dos usuários do sistema.

A tabela Requisição é responsável por registrar os pedidos de utilização de reagentes e insumos laboratoriais. Ela inclui informações essenciais, como: a data de emissão (preenchida automaticamente), a data prevista para a reserva, os nomes do requerente, o professor responsável, o tipo de requisição (classificado como "Experimento" ou "Produto") e o e-mail de contato do técnico responsável.

Para registrar os produtos efetivamente solicitados em cada requisição, utiliza-se a tabela Requisição Experimento, cuja principal função é vincular os produtos aos respectivos pedidos. Isso é feito por meio de uma chave composta que permite o registro detalhado das quantidades solicitadas, com especificação precisa por unidade

(como gramas ou mililitros), o que fornece um controle do consumo de reagentes em cada experimento.

Outro controle é realizado por meio da tabela Requisição Produto Frasco, a qual especifica que, para cada produto requisitado, o frasco deve ser retirado em sua totalidade, indicando os frascos solicitados e a quantidade.

Os produtos armazenados são fisicamente representados pelo nome de frascos, cujas informações são mantidas na tabela Frascos. Cada item é identificado por um código único de cadastro e está vinculado a um produto. Outras informações são registradas como a quantidade total, quantidade disponível, código RFID, localização física (Lab. Bromatologia) e a data de validade.

A tabela Produto contém informações detalhadas sobre os produtos utilizados no laboratório, incluindo nome, fórmula química (quando aplicável) e a unidade de medida. A unidade de medida é referenciada na tabela Unidades Medida, que é responsável pelo armazenamento das unidades utilizadas na quantificação dos produtos cadastrados.

A tabela Fornecedor registra os dados dos fornecedores de reagentes, sendo que cada fornecedor possui um código identificador, que corresponde ao seu nome.

A estrutura deste banco de dados foi concebida para garantir integridade referencial, rastreabilidade das informações e eficiência no gerenciamento dos produtos químicos. Dessa forma, o sistema facilita o controle adequado das atividades realizadas no laboratório, garantindo que todas as informações sejam acessadas de maneira rápida e organizada, favorecendo o bom gerenciamento das operações laboratoriais em uma instituição acadêmica.

4.4.2 Desenvolvendo do Programa PHP

O programa responsável pela interface do sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de script PHP (Hypertext Preprocessor), uma linguagem open *source* de uso geral muito adotada para a criação de sites e sistemas voltados para a Web, o qual encontra-se disponibilizado para download¹. Sua escolha se deu pela compatibilidade com o banco de dados MySQL e pela facilidade de integração com servidores web.

¹ <https://github.com/VN3TTO/VN3TTO-LABORATORIO-BROMAT2.0.git>

Para viabilizar o desenvolvimento e os testes do sistema, utilizou-se o ambiente integrado XAMPP, que oferece suporte completo para PHP, MySQL e Apache, simulando um servidor local. A combinação dessas ferramentas possibilitou a criação de um sistema funcional, leve e de fácil manutenção, que atende às necessidades específicas do laboratório no que diz respeito ao controle e monitoramento dos reagentes químicos.

A Figura 14 apresenta a interface de entrada do sistema, por meio da qual o técnico ou o professor responsável pode realizar o login e acessar as funcionalidades disponíveis. Essa tela inicial foi desenvolvida com foco na usabilidade, oferecendo uma navegação intuitiva e segura, garantindo que apenas usuários autorizados tenham acesso ao sistema de controle de estoque do laboratório.

FIGURA 14 - TELA INICIAL DO PROGRAMA

Laboratorio
Sistema de Controle de Reagentes

Usuário

Senha

Entrar

FONTE: Autoria própria 2025.

Ao acessar o sistema, o usuário é direcionado ao Painel de Controle, conforme Figura 15. Essa interface inicial oferece uma visão geral do estado atual do estoque, reunindo informações essenciais de forma clara e objetiva, o que facilita a tomada de decisões rápidas e bem fundamentadas.

Entre os dados apresentados no painel estão:

- O total de produtos atualmente em estoque;
- A quantidade de frascos disponíveis;
- O número de frascos vencidos;
- O total de requisições pendentes;
- Os reagentes com nível crítico ou baixo no estoque;
- E as próximas requisições programadas.

Essa estrutura de informação facilita a tomada de decisão e permite que o técnico ou professor responsável tenha, em poucos segundos, um panorama completo da situação dos insumos laboratoriais.

FIGURA 15 - PAINEL DE CONTROLE



FONTE: Autoria própria 2025.

No menu lateral do sistema, o ícone "Cadastros" oferece acesso a uma série de funcionalidades essenciais para o gerenciamento do estoque, como o cadastro de produtos, fornecedores e unidades de medida. Esses dados são fundamentais para o funcionamento do sistema, permitindo o cadastro preciso dos frascos de reagentes, que são os recipientes físicos nos quais as etiquetas RFID serão aplicadas para facilitar a identificação e o rastreamento automatizado.

No módulo "Gerenciador Frascos" apresentado na Figura 16, são apresentadas informações detalhadas sobre cada frasco de reagente. Essas informações incluem:

- **Código** (gerado automaticamente conforme a ordem de cadastro);
- **Quantidade total** (estoque total disponível);
- **Quantidade disponível** (levando em consideração as reservas feitas);
- **Fornecedor** (empresa responsável pelo fornecimento do reagente);
- **Código RFID** (identificador único associado ao frasco);
- **Data de validade** (informações sobre a validade do produto);
- **Situação atual** (status do frasco, como "Em uso", "Reservado", ou "Em estoque").

A diferença entre a quantidade total e a quantidade disponível ocorre devido ao processo de reserva automático que o sistema realiza quando uma solicitação é feita. Quando um pedido é registrado, o sistema separa automaticamente a quantidade solicitada, atualizando o estoque em tempo real.

FIGURA 16 - GERENCIADOR FRASCOS

Código	Produto	Qtde Total	Qtde Disponível	Fornecedor	RFID	Validade	Situação	Ações
4	Ácido Clorídrico	500.00 L	0.00 L	Sigma-Aldrich	654321	06/2025	Vazio	
6	Ácido Sulfúrico	1,000.00 L	900.00 L	Merck	253614	03/2026	Disponível	
3	Álcool Etilico	1,000.00 L	800.00 L	Dinâmica	635241	12/2025	Disponível	
1	Álcool Etilico	1.00 L	0.50 L	Dinâmica	123456	02/2025	Vazio	
2	Álcool Etilico	0.20 L	0.20 L	Dinâmica	7870813	06/2023	Disponível	
8	Antrona	1.00 g	0.00 g	Dinâmica	78732213	05/2025	Vazio	
7	Cloreto de Sódio	1,000.00 g	750.00 g	Vetec Química	7870000	08/2025	Disponível	
5	Hidróxido de Sódio	2,000.00 g	1,500.00 g	Dinâmica	987654	09/2025	Disponível	

FONTE: Autoria própria 2025.

No menu lateral do sistema, também se encontra o ícone “Requisições”, que é dividido em dois módulos: “Requisição para Experimento” e “Requisição de Produtos”.

No módulo “Requisição para Experimento” apresentado na Figura 17, são inseridas informações como:

- **Nome do solicitante;**
- **Professor responsável;**
- **Data do experimento;**
- **E-mail de contato**

Logo abaixo, o sistema permite ao usuário selecionar os reagentes desejados e indicar a quantidade necessária, com opções de medida em mililitros (ml) ou gramas (g), conforme a natureza do insumo requisitado.

Já no módulo de “Requisição de Produtos” conforme ilustrado na Figura 18 o processo é semelhante, com a inserção de informações como nome do solicitante, professor responsável e e-mail do responsável pela separação do material. A principal diferença neste módulo é que, ao requisitar um produto, o sistema assume que o frasco será retirado em sua totalidade, ou seja, o recipiente será consumido por completo. Dessa forma, o estoque é automaticamente atualizado para refletir essa retirada integral do produto.

Essa separação entre os dois tipos de requisição adequa o controle às diferentes rotinas do laboratório.

FIGURA 17 - REQUISIÇÃO PARA EXPERIMENTO

Laboratório
Sistema de Controle de Reagentes

Panel de Controle
Cadastros
Requisições
Para Experimento
De Produto
Listar Todas
Devoluções
Sistema RFID
Relatórios
admin Sair

Nova Requisição para Experimento

← Voltar

Nome do Solicitante * Professor Responsável

Data do Experimento * E-mail para Agendamento

Selecione os Reagentes para o Experimento

Produto	Fórmula	Unidade	Quantidade
<input type="checkbox"/> Ácido Sulfúrico	H2SO4	L	<input type="text" value="Quantidade"/>
<input type="checkbox"/> Álcool Etilico	C2H2O4	L	<input type="text" value="Quantidade"/>
<input type="checkbox"/> Cloreto de Sódio	NaCl	g	<input type="text" value="Quantidade"/>
<input type="checkbox"/> Hidróxido de Sódio	NaOH	g	<input type="text" value="Quantidade"/>

Salvar Requisição Cancelar

FONTE: Autoria própria 2025.

FIGURA 18 – REQUISIÇÃO DE PRODUTOS

Laboratório
Sistema de Controle de Reagentes

Panel de Controle
Cadastros
Requisições
Para Experimento
De Produto
Listar Todas
Devoluções
Sistema RFID
Relatórios
admin Sair

Nova Requisição de Produto

← Voltar

Nome do Solicitante * Professor Responsável

E-mail para Confirmação

Selecione os Produtos para Retirada

Produto	Fórmula	Unidade	Quantidade
<input type="checkbox"/> Ácido Sulfúrico	H2SO4	L	<input type="text" value="Quantidade"/>
<input type="checkbox"/> Álcool Etilico	C2H2O4	L	<input type="text" value="Quantidade"/>
<input type="checkbox"/> Cloreto de Sódio	NaCl	g	<input type="text" value="Quantidade"/>
<input type="checkbox"/> Hidróxido de Sódio	NaOH	g	<input type="text" value="Quantidade"/>

Salvar Requisição Cancelar

FONTE: Autoria própria 2025.

Ao selecionar a opção “Listar Todas”, o sistema apresenta todas as requisições registradas, que permite a aplicação dos filtros, como status e tipo, a fim de refinar a consulta conforme o critério desejado pelo usuário, conforme a Figura 19.

FIGURA 19 – LISTA DE TODAS AS REQUISIÇÕES

Requisições

[Nova Req. de Experimento](#)
[Nova Req. de Produto](#)

Tipo: Todos | Status: Todos | Data Início: 01/08/2025 | Data Fim: 31/08/2025
[Filtrar](#) [Limpar Filtros](#)

Código	Data	Requerente	Professor	Tipo	Status	Produtos	Ações
8	08/08/2025	Vicente Neto	Fábio	Produto	Atendida	1	Detalhes
7	08/08/2025	Vicente Neto	Fábio	Experimento	Atendida	1	Detalhes
1	01/08/2025	Vicente Neto	Fábio	Experimento	Atendida	1	Detalhes

FONTE: Autoria própria 2025.

Na guia "Devoluções", são exibidas as requisições disponíveis para a devolução. O usuário deve selecionar a requisição e clicar na opção "Processar Devolução" para dar continuidade ao procedimento, conforme Figura 20.

FIGURA 20 – DEVOLUÇÕES DE REAGENTES

Devoluções de Reagentes

Requisições Disponíveis para Devolução

ID	Data	Requerente	Professor	Produtos	Status	Ações
8	08/08/2025 16:18	Vicente Neto	Fábio	Ácido Clorídrico (450.00 L)	Pendente	Processar Devolução
7	08/08/2025 16:16	Vicente Neto	Fábio	Antrona (1.00 g)	Pendente	Processar Devolução

Histórico de Devoluções Recentes

Data	Requisição	Requerente	Produto	Peso Devolvido	Responsável
01/08/2025 08:06	#1	Vicente Neto	Álcool Etilico	0,200 L	admin

FONTE: Autoria própria 2025.

A Figura 21 apresenta o módulo de "Devoluções" permite dois modos de identificação do produto a ser devolvido. O primeiro consiste em posicionar o frasco com a etiqueta RFID no módulo leitor RC522, que realiza a leitura do código e possibilita ao sistema recuperar automaticamente todas as informações vinculadas àquele frasco, habilitando, em seguida, o processo de pesagem. O segundo modo ocorre por meio da seleção manual do produto a ser devolvido no sistema, para então iniciar a etapa de pesagem.

Após a identificação, o frasco é colocado sobre a balança integrada ao sistema, e o usuário aciona a função "Obter da Balança", de modo que o sistema registre o peso aferido naquele momento e atualize automaticamente o estoque, vinculando-o ao frasco identificado.

Esse módulo atua como um mecanismo de controle de sobra de material não utilizado durante o experimento, que permite confrontar a quantidade inicial requisitada com aquela efetivamente consumida

FIGURA 21 – PESAGEM DE PRODUTO

The screenshot displays the 'Laboratorio Sistema de Controle de Reagentes' interface. On the left is a dark sidebar menu with options: 'Laboratorio Sistema de Controle de Reagentes', 'Panel de Controle', 'Cadastros', 'Requisições', 'Devoluções', and 'Relatórios'. The main content area is titled 'Pesagem de Produto - Devolução' and contains three main sections:

- Informações da Requisição:** A table with the following data:

ID da Requisição:	1
Data de Emissão:	25/07/2025 11:13
Solicitante:	vicente neto
Professor Responsável:	Fábio Molina
Reagente:	Ácido Bórico
Fórmula:	C6H6
Quantidade Solicitada:	0,50 L
Quantidade Disponível:	0,20 L
- Pesagem de Produto:** A form with a 'Peso Devolvido (Litros)' input field, a 'L' unit selector, and an 'Obter da Balança' button. Below this is a 'Máximo permitido: 0,200 L' label and an 'Observações (opcional)' text area containing 'dEVOL'. A green 'Processar Devolução' button is at the bottom.
- Status da Balança:** A section showing 'Balança conectada e funcionando' with a green status indicator and 'Leitura Atual: 0,000 g'.

FONTE: Autoria própria 2025.

No menu lateral do sistema, há também o ícone de “Relatórios”, que é dividido em dois módulos: “Relatório de Estoque” e “Relatório de Consumo”.

No “Relatório de Estoque” conforme a Figura 22, o sistema disponibiliza diversos filtros que facilitam o gerenciamento e a análise dos insumos armazenados. Entre os filtros disponíveis estão:

- **Produtos vencidos** (para identificar reagentes fora do prazo de validade);
- **Unidade de medida** (para organizar os itens por sua unidade de quantificação);
- **Ordem alfabética** (para facilitar a busca por produtos);
- **Fornecedores** (permitindo agrupar os reagentes conforme o fornecedor);
- **Quantidade disponível** (facilitando a visualização das quantidades ante de cada produto em estoque).

Esses filtros permitem que o que se tenha uma visualização mais estratégica e organizada das condições atuais do estoque, evitando problemas como o desperdício de reagentes ou a falta de insumos essenciais.

FIGURA 22 – RELATÓRIO DE ESTOQUE

Relatório de Estoque Imprimir

Produto: Todos | Fornecedor: Todos | Situação: Todas

Filtrar Limpar Filtros

Situação Atual do Estoque

Código	Produto	Fórmula	Fornecedor	RFID	Qtd. Total	Qtd. Disponível	Unidade	Validade	Situação
3	Acetato de Etila	C4H8O2	Dinâmica	22222	3,00	2,00	L	11/2011	Disponível
5	Acetato de Potássio	CH3CO2K	Cromoline	33333	2,00	0,00	g	03/2015	Vazio
6	Acetato de Sódio Trihidratado	C2H3NaO2	Neon	11111	2,00	2,00	g	04/2023	Disponível

FONTE: Autoria própria 2025.

No Relatório de Consumo conforme a Figura 23, o sistema disponibiliza filtros que permitem uma análise detalhada do uso dos insumos durante um período específico. O usuário pode definir uma data inicial e uma data final para a análise, além de selecionar um produto específico para verificar seu consumo. O relatório apresenta informações detalhadas sobre o uso dos insumos, incluindo: data da requisição, nome do solicitante, tipo de requisição (produto ou experimento), fórmula e quantidade utilizada.

FIGURA 23 – RELATÓRIO DE CONSUMO

Relatório de Consumo Imprimir

Data Início: 01/04/2025 | Data Fim: 31/05/2025 | Produto: Todos

Filtrar Limpar Filtros

Resultados para o período: 01/04/2025 a 31/05/2025

Requisição	Data	Solicitante	Tipo	Produto	Fórmula	Quantidade	Unidade
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Acetato de Potássio	CH3CO2K	2,00	g
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Antrona	C14H10O	1,00	g
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Acetato de Etila	C4H8O2	1,00	L
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Benzeno	C6H6	0,20	L

FONTE: Autoria própria 2025.

Com esses dados, o sistema possibilita identificar padrões de consumo dos reagentes ao longo do tempo, contribuindo para um planejamento mais eficiente e estratégico. Além disso, facilita o rastreamento das atividades realizadas no laboratório, contribuindo para um controle transparente na gestão dos insumos laboratoriais.

4.4.3 Demonstração e Simulações do Programa WEB PHP

Para a validação funcional do sistema desenvolvido, foram realizadas simulações no ambiente Web PHP, com o objetivo de testar as principais funcionalidades de controle de estoque e garantir a integração dos módulos implementados. Os testes foram fundamentais para verificar o comportamento do sistema diante de situações reais de uso no ambiente laboratorial.

As simulações foram iniciadas com o lançamento de requisições de experimentos, nas quais foram inseridas quantidades específicas de reagentes para cada pesquisa. Durante esse processo, foram preenchidos os dados do solicitante, do professor responsável, a data do experimento e o e-mail da pessoa encarregada pela separação dos reagentes. Na sequência, os reagentes necessários foram selecionados a partir do banco de dados, e as quantidades específicas a serem utilizadas em cada experimento foram devidamente inseridas. (Figura 24).

FIGURA 24 – REQUISIÇÕES DE EXPERIMENTOS

Requisições Nova Req. de Experimento Nova Req. de Produto

Tipo: Todos Status: Todos Data Início: 01/05/2025 Data Fim: 31/05/2025

Filtrar Limpar Filtros

Código	Data	Requerente	Professor	Tipo	Status	Produtos	Ações
4	14/05/2025	Vicente neto	Fábio Molina	Experimento	Pendente	4	Detalhes Atender
3	14/05/2025	Vicente neto	Fábio Molina	Experimento	Pendente	3	Detalhes Atender

FONTE: Autoria própria, 2025

Ao clicar na opção “Atender”, o usuário é direcionado para a tela interna da requisição, onde é possível visualizar os detalhes da solicitação e realizar o atendimento de forma controlada. Nessa interface, o próprio sistema sinaliza automaticamente o frasco do reagente com a data de validade mais próxima do vencimento, priorizando o princípio de rotatividade de estoque.

Além disso, é possível especificar a quantidade exata que será separada e disponibilizada para o atendimento da demanda, seja em gramas ou mililitros, conforme o tipo de reagente. Essa funcionalidade contribui para a precisão no controle de consumo e garante que os insumos mais antigos sejam utilizados primeiro.

A Figura 25 ilustra essa etapa do processo, demonstrando a interface de atendimento da requisição, com destaque para os campos de seleção do reagente, data de validade e quantidade a ser despachada.

FIGURA 25 – ATENDENDO REQUISIÇÃO PARA EXPERIMENTO

Atender Requisição #4

[← Voltar](#)

Informações da Requisição

Requerente: Vicente neto	Data da Solicitação: 14/05/2025
Professor: Fábio Molina	Data do Experimento: 14/05/2025
E-mail: vicente.neto@ufr.edu.br	Tipo de Requisição: Experimento

Atender Produtos

Acetato de Sódio Trihidratado - C2H3NaO2

Quantidade Solicitada: 200,00 g

Quantidade a Retirar:

Máximo conforme frasco selecionado

Selecione o Frasco para Retirada

Frasco #6 - Neon - Disponível: 2,00 g - Val: 04/2023

Selecione...

Frasco #6 - Neon - Disponível: 2,00 g - Val: 04/2023

FONTE: Autoria própria, 2025

Nas requisições de produtos (FIGURA 26), a principal diferença em relação à requisição para experimento está no formato da retirada, nesse caso a solicitação se refere ao frasco completo do reagente, não sendo permitida sua fragmentação.

Esse tipo de requisição é aplicado quando há a necessidade de utilização integral do produto. Ao registrar esse tipo de saída, o sistema identifica automaticamente que o frasco será totalmente removido do estoque, atualizando a quantidade disponível de forma imediata.

Neste caso específico, a quantidade de retirada permitida foi de duas unidades, pois esse era o estoque disponível no momento da requisição. A limitação respeita a lógica do sistema, que impede a liberação de quantidades superiores àquelas registradas no banco de dados, assegurando controle e das fidelidades das informações.

FIGURA 26 – ATENDENDO REQUISIÇÃO DE PRODUTO

Atender Requisição #5

← Voltar

Informações da Requisição	
Requerente: Vicente neto	Data da Solicitação: 14/05/2025
Professor: Fábio Molina	Tipo de Requisição: Produto
E-mail: vicente.neto@ufr.edu.br	

Atender Produtos	
Verde de Bromocresol - C21H14Br4O5S	
Quantidade Solicitada: 3,00 g	Selecione o Frasco para Retirada
	Frasco #114 - Neon - Disponível: 2,00 g - Val: 11/2019
Quantidade a Retirar	
2	
Máximo conforme frasco selecionado	

FONTE: Autoria própria, 2025

Esse processo permitiu testar as atualizações do estoque e gerar registros detalhados das movimentações no banco de dados, com rastreabilidade de cada ação executada no sistema. A funcionalidade também viabilizou a emissão dos relatórios de consumo, conforme ilustrado nas Figuras 27 e 28, bem como a visualização do *status* de estoque, seja em situação de indisponibilidade (estoque vazio – Figura 29) ou de estoque disponível (Figura 30).

Esses recursos reforçam a confiabilidade do sistema no monitoramento dos insumos laboratoriais.

FIGURA 27 – RELATÓRIO DE CONSUMO COMPLETO

Resultados para o período: 01/04/2025 a 31/05/2025							
Requisição	Data	Solicitante	Tipo	Produto	Fórmula	Quantidade	Unidade
5	14/05/2025	Vicente neto	Produto	Verde de Bromocresol	C21H14Br4O5S	2,00	g
5	14/05/2025	Vicente neto	Produto	Vermelho de Metila	C15H15N3O2	1,00	g
5	14/05/2025	Vicente neto	Produto	Xileno (Xilol)	C8H10	2,00	L
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Acetato de Sódio Trihidratado	C2H3NaO2	1,00	g
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Cítrico	C6H8O7	6,00	g
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Álcool Etilico	C2H6O	5,00	L
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Hidróxido de Sódio	NaOH	0,80	g
3	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Maleico	C4H4O4	0,25	g
3	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Nítrico	HNO3	3,00	L
3	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Oxálico Cristal	C2H2O4	0,80	g
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Acetato de Potássio	CH3CO2K	2,00	g
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Antrona	C14H10O	1,00	g
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Acetato de Etila	C4H8O2	1,00	L
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Benzeno	C6H6	0,20	L

FONTE: Autoria própria, 2025

FIGURA 28 – RELATÓRIO DE CONSUMO POR PRODUTO

Resumo de Consumo por Produto

Produto	Quantidade Total	Unidade
Verde de Bromocresol	2,00	g
Vermelho de Metila	1,00	g
Xileno (Xilol)	2,00	L
Acetato de Sódio Trihidratado	1,00	g
Ácido Cítrico	6,00	g
Álcool Etilico	5,00	L
Hidróxido de Sódio	0,80	g
Ácido Maleico	0,25	g
Ácido Nítrico	3,00	L
Ácido Oxálico Cristal	0,80	g
Acetato de Potássio	2,00	g
Antrona	1,00	g
Acetato de Etila	1,00	L
Benzeno	0,20	L

FONTE: Autoria própria, 2025

FIGURA 29 – RELATÓRIO DE ESTOQUE VAZIO

Situação Atual do Estoque									
Código	Produto	Fórmula	Fornecedor	RFID	Qtd. Total	Qtd. Disponível	Unidade	Validade	Situação
5	Acetato de Potássio	CH3CO2K	Cromoline	33333	2,00	0,00	g	03/2015	Vazio
6	Acetato de Sódio Trihidratado	C2H3NaO2	Neon	11111	2,00	1,00	g	04/2023	Vazio
13	Ácido Cítrico	C6H8O7	Neon		8,00	2,00	g	01/2024	Vazio
17	Ácido Nítrico	HNO3	Synth		3,00	0,00	L	06/2018	Vazio
1	Antrona	C14H10O	Cromoline		1,00	0,00	g	04/0215	Vazio
114	Verde de Bromocresol	C21H14Br4O5S	Neon		2,00	0,00	g	11/2019	Vazio

Resumo de Estoque por Produto			
Produto	Quantidade Total	Quantidade Disponível	Unidade
Acetato de Potássio	2,00	0,00	g
Acetato de Sódio Trihidratado	2,00	1,00	g
Ácido Cítrico	8,00	2,00	g
Ácido Nítrico	3,00	0,00	L
Antrona	1,00	0,00	g
Verde de Bromocresol	2,00	0,00	g

FONTE: Autoria própria, 2025

FIGURA 30 – RELATÓRIO ESTOQUE DISPONÍVEL

Situação Atual do Estoque										
Código	Produto	Fórmula	Fornecedor	RFID	Qtd. Total	Qtd. Disponível	Unidade	Validade	Situação	
3	Acetato de Etila	C4H8O2	Dinâmica	22222	3,00	2,00	L	11/2011	Disponível	
8	Acetona	C3H6O	Neon	54321	1,00	1,00	L	02/2024	Disponível	
7	Acetona	C3H6O	Emsure	22111	2,00	2,00	L	06/2024	Disponível	
9	Ácido Acético	CH3COOH	Neon		13,00	13,00	L	09/2021	Disponível	
10	Ácido Bórico	H3BO3	CRQ		25,00	25,00	L	04/2021	Disponível	
11	Ácido Bórico	H3BO3	Neon		7,00	7,00	L	11/2024	Disponível	
14	Ácido Clorídrico	HCL	Neon		18,00	18,00	L	01/2019	Disponível	
15	Ácido L-(+) - Lático	C3H6O3	Neon		1,00	1,00	L	01/2024	Disponível	
16	Ácido Maleico	C4H4O4	Dinâmica		1,00	0,75	g	12/2021	Disponível	
18	Ácido Nítrico	HNO3	Éxodo Científica		3,00	3,00	L	03/2021	Disponível	
20	Ácido Orto-Fósforico 85%	H3PO4	Anidrol		5,00	5,00	L	04/2021	Disponível	
19	Ácido Orto-Fósforico 85%	H3PO4	Neon		4,00	4,00	L	11/2021	Disponível	
22	Ácido Oxálico Cristal	C2H2O4	Cromoline		2,00	2,00	g	01/2014	Disponível	

FONTE: Autoria própria, 2025

4.5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE IDENTIFICAÇÃO POR RFID

O protótipo desenvolvido teve como finalidade permitir a identificação automática dos reagentes por meio da tecnologia de identificação por RFID, além de realizar o registro do peso dos insumos, ajustando essas informações diretamente no banco de dados MySQL. Essa integração tem o objetivo de aprimorar o controle de insumos sujeitos a regulamentações específicas.

Para a implementação do sistema, foi utilizado o Raspberry Pi 4 Modelo B, uma plataforma de computação de placa única, equipada com o processador Broadcom BCM2711, contendo quatro núcleos ARM Cortex-A72 operando a 1,5 GHz. O dispositivo é compatível com sistemas operacionais como Raspberry Pi OS e Ubuntu.

Este modelo conta ainda com conectividade Wi-Fi e Bluetooth 5.0, além de uma estrutura física composta por slot para cartão microSD, conector de vídeo mini HDMI, duas portas USB e uma porta USB tipo C para alimentação de 5V. A Figura 31 apresenta a placa Raspberry Pi 4 Modelo B, utilizada na montagem do protótipo.

FIGURA 31 – RASPBERRY PI 4 MODELO B

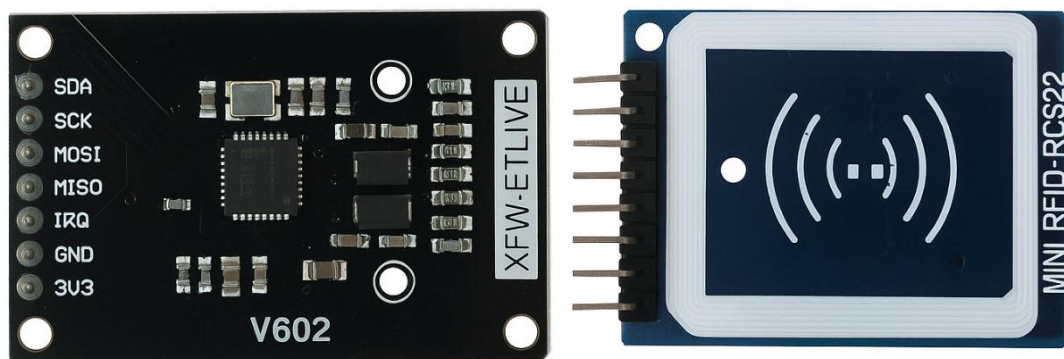


FONTE: Autoria própria, 2025.

Para a realização dos testes de leitura das tags RFID, foi utilizado o módulo RFID RC522, conforme ilustrado na Figura 32. Esse dispositivo opera em alta frequência de 13,56 MHz e foi alimentado por uma saída de 3,3V.

O RC522 foi selecionado por sua capacidade de comunicação com tags RFID passivas, além de ser uma solução muito utilizada em protótipos devido ao seu baixo custo e boa eficiência de leitura. Sua aplicação é ideal para sistemas de identificação e rastreamento de itens em tempo real, características que atendem perfeitamente aos requisitos deste projeto, permitindo o monitoramento dos reagentes no laboratório.

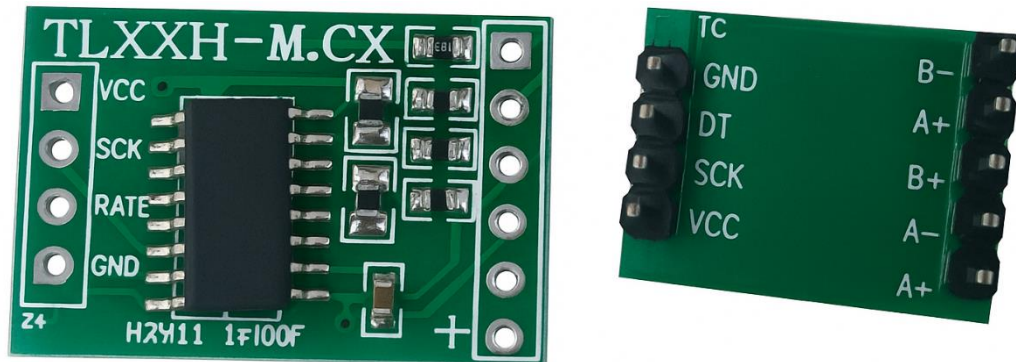
FIGURA 32 – MÓDULO RFID RC522



FONTE: Autoria própria, 2025.

Para a medição do peso dos reagentes, foi utilizado o módulo HX711, um amplificador de sinal empregado em projetos que envolvem sensores de deformação (*strain gauges*). A Figura 33 demonstra o módulo utilizado. Este componente com o seu baixo custo de aquisição, facilidade de implementação e por oferecer precisão nas leituras de peso.

FIGURA 33 – MÓDULO HX 711



FONTE: Autoria própria, 2025.

O HX711 possui um conversor analógico-digital (ADC) de 24 bits e entradas diferenciais com alto ganho, o que permite medições de peso com elevada sensibilidade. A comunicação com a célula de carga é realizada por meio do protocolo UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), uma forma de transmissão de dados em série, adequada para aplicações de baixa complexidade e que não exigem grandes taxas de transmissão.

O módulo funciona como uma interface entre a célula de carga e o microcontrolador (Raspberry Pi), amplificando o sinal elétrico gerado pelos extensômetros e convertendo-o em valores digitais precisos. Essa funcionalidade é essencial para que o sistema registre automaticamente a quantidade exata de reagente utilizada, atualizando o banco de dados em tempo real precisão no controle de estoque.

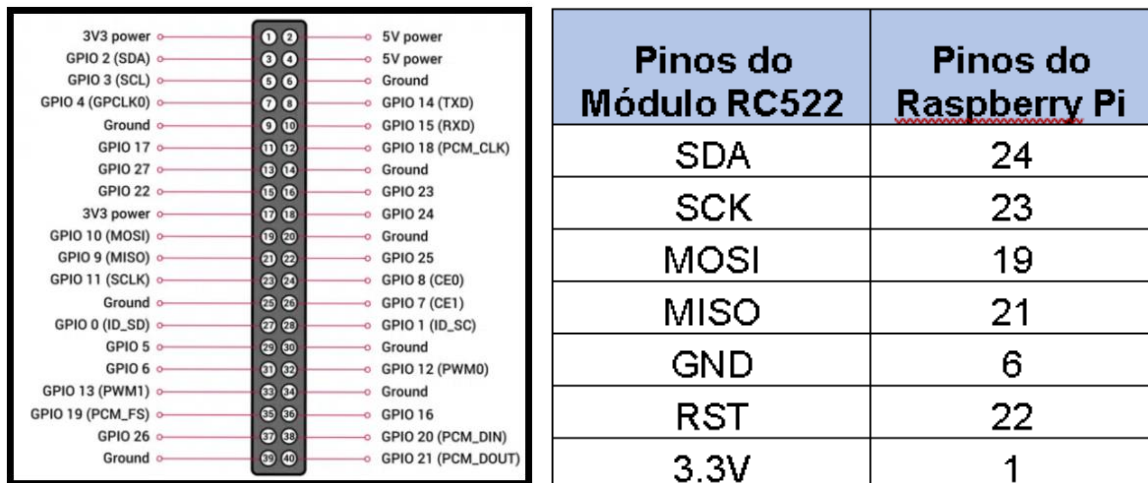
Uma célula de carga é um transdutor utilizado para converter força mecânica como o peso de um objeto em um sinal elétrico. Esse tipo de sensor é composto por *strain gauges*, que são resistores sensíveis a deformações mecânicas. Quando uma força é aplicada sobre a célula de carga, os *strain gauges* sofrem deformações que provocam variações na resistência elétrica, gerando assim um sinal proporcional à força exercida. Esse sinal é amplificado e convertido para leitura digital por meio de módulos apropriados, como o HX711, já descrito anteriormente.

Para o desenvolvimento completo do protótipo, foi utilizada a linguagem de programação Python, por ter compatibilidade estes dispositivos, e uma ampla biblioteca que facilita na integração com os bancos de dados. O sistema operacional adotado no Raspberry Pi 4 foi o Ubuntu Server, instalado em um cartão microSD de 32 GB. A escolha pelo Ubuntu Server se justifica por ser leve, facilidade de configuração e atualizações

Com todos os componentes definidos, deu-se início à montagem do protótipo, começando pela integração do módulo de leitura RFID (RC522), responsável por identificar as etiquetas coladas na base dos frascos de reagentes. Em seguida, foi realizada a conexão da balança automática, composta pela célula de carga e o módulo HX711, para possibilitar a leitura precisa do peso dos reagentes utilizados. Todo o sistema foi configurado para operar em conjunto com o banco de dados MySQL do programa PHP.

A montagem do hardware envolveu o mapeamento e a conexão dos pinos entre o Raspberry Pi 4 e os módulos utilizados. A Figura 34 ilustra a conexão física entre os dispositivos e as pinagem correspondente entre o Raspberry Pi e o módulo RC522.

FIGURA 34 – PINAGEM RASPBERRY PI E MÓDULO RC522



FONTE: Autoria própria, 2025.

A alimentação do módulo RFID RC522 é fornecida pelo Raspberry Pi por meio da saída de 3,3V. A comunicação entre os dispositivos utiliza o protocolo SPI (*Serial Peripheral Interface*), que precisou ser habilitado nas configurações do Raspberry Pi antes da programação.

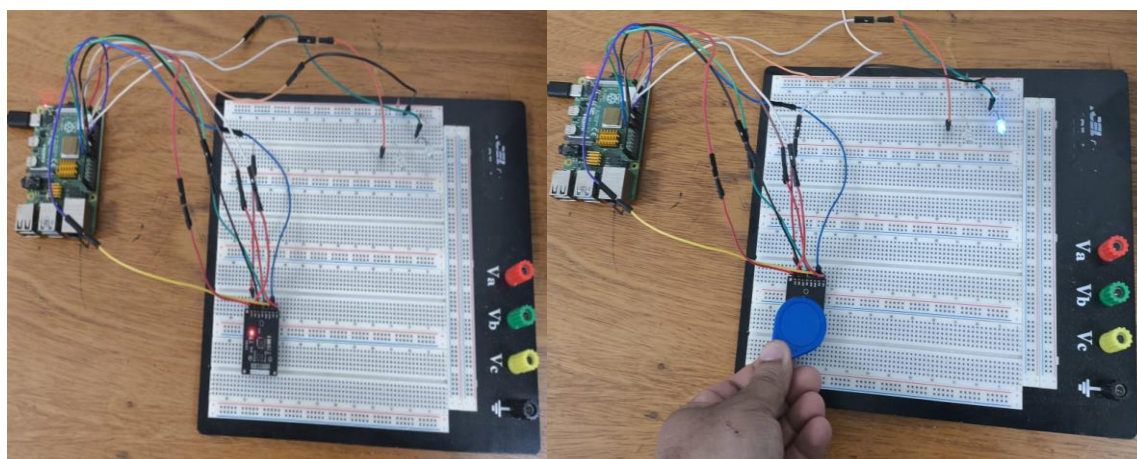
No módulo RFID, os sinais SDA, MOSI, MISO, SCK e RST foram conectados aos respectivos pinos da GPIO (*General Purpose Input/Output*). Por fim, os LEDs foram conectados aos pinos 13 e 11 da GPIO, configurados como saídas para indicar visualmente a leitura do cartão RFID.

Após a etapa de ligação dos componentes eletrônicos, foi necessário instalar a biblioteca MFRC522, responsável pela comunicação entre o Raspberry Pi e o módulo RFID RC522. Também é necessário realizar a configuração inicial do sistema operacional Raspbian, incluindo a habilitação do protocolo SPI, essencial para o funcionamento do módulo.

Com a biblioteca devidamente instalada, foi criada uma pasta específica para armazenar os programas do projeto, organizando os arquivos-fonte e *scripts* relacionados ao sistema. Com a ideia em facilitar o desenvolvimento do código, foi utilizado um exemplo fornecido pela própria biblioteca MFRC522 como base, o qual foi adaptado às necessidades deste sistema de identificação de reagentes.

Após a finalização da montagem do circuito e a instalação do ambiente de software, iniciaram-se os testes do sistema RFID, conforme Figura 35. Essa etapa permitiu verificar a leitura correta das etiquetas, a comunicação com o banco de dados e a resposta visual por meio dos LEDs, validando o funcionamento do sistema de identificação automatizado.

FIGURA 35 – CIRCUITO PARA MÓDULO RFID



FONTE: Autoria própria, 2025.

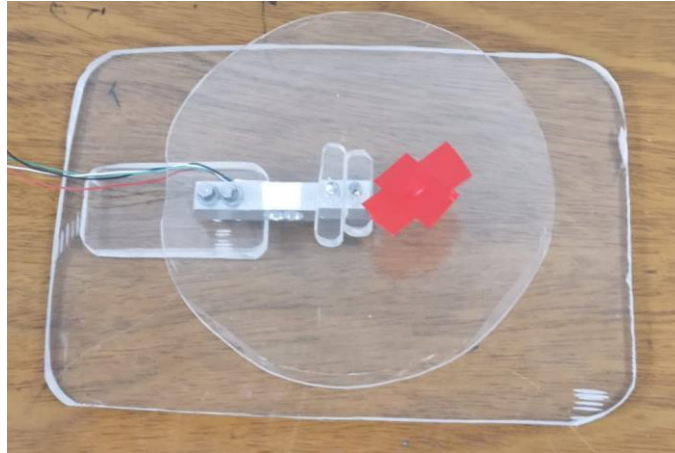
Com a finalização da etapa de integração do módulo RFID, deu-se início à construção da balança automática. Para a estrutura física da balança, foram utilizados dois tipos de acrílico com espessuras diferentes, para garantir estabilidade no conjunto.

A base da balança foi confeccionada em acrílico com 10 mm de espessura, medindo 250 mm de comprimento por 170 mm de largura. Já a plataforma superior, onde os frascos de reagentes são posicionados para a pesagem, foi produzida em acrílico com 4 mm de espessura e 150 mm de diâmetro, proporcionando uma superfície leve e compatível com o sensor de medição.

Para a captação do peso, foi utilizada uma célula de carga com capacidade para medições de até 5 quilogramas este valor é compatível com a faixa de massa dos frascos de reagentes utilizados nas atividades do laboratório.

A Figura 36 apresenta a montagem da balança, evidenciando a fixação da célula de carga entre a base acrílica e a plataforma superior, assim como sua integração com o módulo HX711 e a interface de controle por meio do Raspberry Pi.

FIGURA 36 – BALANÇA



FONTE: Autoria própria, 2025.

A alimentação do módulo HX711 é fornecida pelo Raspberry Pi por meio da saída de 5V. No módulo HX711, os sinais DT e o SLK a Figura 37 apresenta a pinagem do módulo HX711 e o Raspberry.

FIGURA 37 – LIGAÇÃO DO MÓDULO HX711 COM RASPBERRY

Pinos do Módulo HX711	Pinos do Raspberry Pi
VCC	02
DT	29
SLK	31
GND	06

FONTE: Autoria própria, 2025.

Após a etapa de conexão dos componentes eletrônicos, foi realizada a instalação da biblioteca HX711, essencial para a leitura da célula de carga. A instalação foi feita por meio de comandos específicos executados no terminal do Raspberry Pi, assegurando a comunicação adequada entre o sensor de pesagem e o microcontrolador.

Para garantir o correto funcionamento e a integração com o ambiente de desenvolvimento, também foi necessária a instalação da biblioteca Git, a qual permite o acesso e o gerenciamento de repositórios externos, incluindo bibliotecas auxiliares indispensáveis ao projeto.

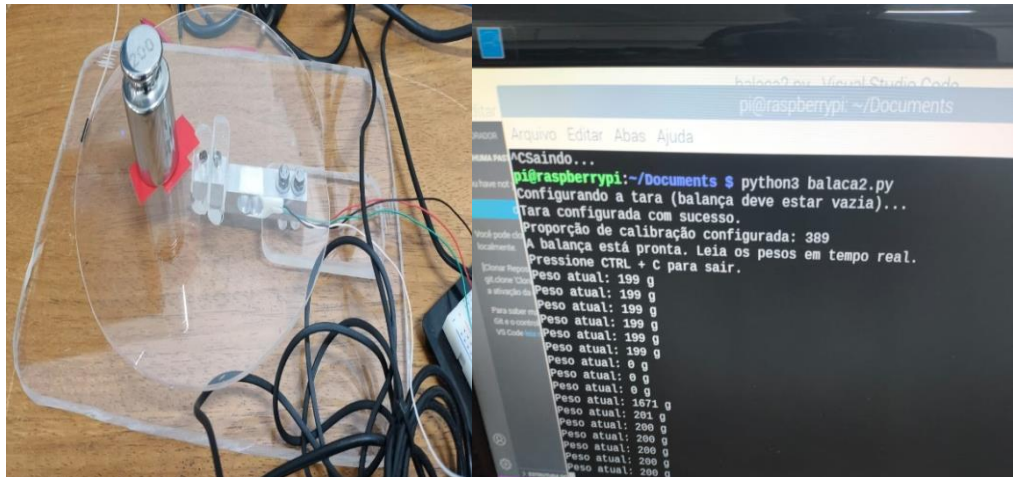
Além da HX711 e a RC522, outras bibliotecas complementares foram instaladas para dar suporte à interface gráfica e renderização de imagens. As bibliotecas utilizadas foram:

- babel – versão 2.17.0;
- defusedxml – versão 0.7.1;
- fonttools – versão 4.58.1;
- pillow – versão 11.2.1;
- pip – versão 25.0.1;

Com todas as dependências devidamente instaladas, foi possível iniciar a edição do código-fonte do sistema de pesagem. Como ponto de partida, foi utilizado um exemplo fornecido pela biblioteca HX711, o qual serviu como modelo inicial para leitura dos dados da célula de carga. A simulação evidenciou que os valores retornados são numéricos elevados e sujeitos a pequenas variações, o que exigiu ajustes no código, como a aplicação de filtros e correções.

A Figura 38 ilustra esse processo de leitura da célula de carga, apresentando os dados brutos capturados durante a pesagem. Para melhorar a precisão da medição, foi necessário aplicar um tratamento nos dados coletados, utilizando um *offset* automático, e a implementação de uma função de tara no bloco de inicialização do código (*setup*), a qual zera o valor inicial da balança. Além disso, utilizou-se um peso padrão de referência para realizar a calibração do sistema.

FIGURA 38 - LEITURA DA BALANÇA

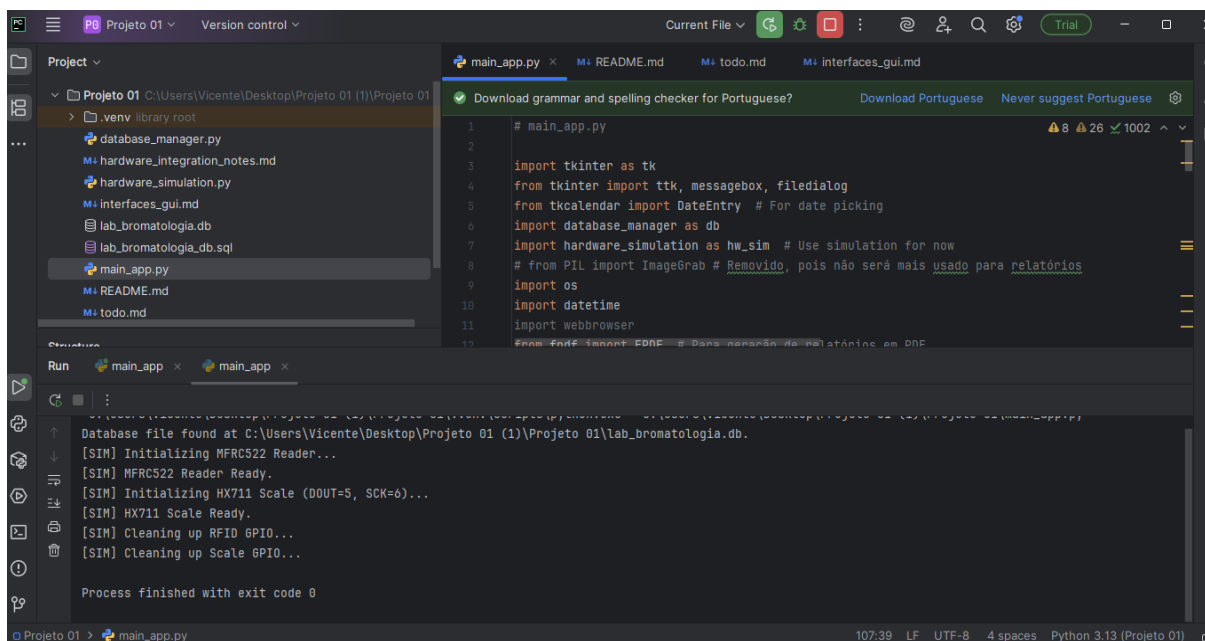


FONTE: Autoria própria, 2025.

Para o desenvolvimento desta parte sistema de controle de estoque de reagentes químicos, projetado para ser executado em um Raspberry Pi 4 Modelo B.

O programa foi desenvolvido utilizando a IDE PyCharm, ambiente específico para programação em Python, o qual encontra-se disponibilizado para conforme apresentado na Figura 39, que mostra a interface da ferramenta utilizada e ilustra o processo de desenvolvimento do código-fonte do sistema de controle de reagentes, a partir da criação e estruturação do código bruto.

FIGURA 39 - IMAGEM PYCHARM



FONTE: Autoria própria, 2025.

4.5.1 Demonstração e Simulações do Protótipo de Identificação RFID

Para validar a eficácia e a funcionalidade do sistema desenvolvido, foram conduzidas simulações práticas no ambiente do programa. O objetivo destas simulações é verificar a integração entre o software, o banco de dados e o protótipo físico, além de avaliar a coerência das funcionalidades implementadas frente às rotinas laboratoriais.

As simulações foram realizadas a partir de cenários de uso no laboratório, envolvendo três frentes, requisição de reagentes, devoluções de estoque e geração de relatórios de estoque e consumo.

O usuário selecionou o reagente e especificou a quantidade a ser utilizada. O sistema buscou automaticamente os dados cadastrados, como o código RFID, nome do produto, unidade de medida, fornecedor, quantidade disponível e data de validade.

Esta simulação confirmou que o sistema identificava corretamente o frasco. Em seguida na guia de devoluções, o processo iniciou-se com a leitura do código RFID do frasco posicionado sobre o leitor. O sistema buscou as informações correspondentes à requisição e aguardou a pesagem do frasco, após a leitura do peso, o valor foi registrado no campo “Obter a Balança”, confirmando a devolução. Essa funcionalidade simulou com sucesso a conferência entre o material efetivamente

utilizado e o originalmente requisitado, reforçando o controle sobre o consumo dos reagentes.

Os resultados confirmaram que o sistema era capaz de filtrar as movimentações por período, organizando os dados com precisão e permitindo o acompanhamento detalhado das atividades. Os relatórios apresentados nas anteriores Figuras 21, 22 e 23 evidenciam refletem os registros inseridos durante as simulações, reforçando a confiabilidade do sistema como ferramenta de gestão laboratorial.

Uma das dificuldades encontradas durante os testes refere-se à parte de *hardware*. Por se tratar de componentes utilizados para fins acadêmicos, sem garantia de confiabilidade, foram observadas variações nas leituras: a mesma etiqueta era corretamente identificada pelo módulo RC522 em alguns momentos, mas falhava em outros.

4.6 ORGANIZAÇÃO E MUDANÇA NA ORGANIZAÇÃO DAS PRATELEIRAS

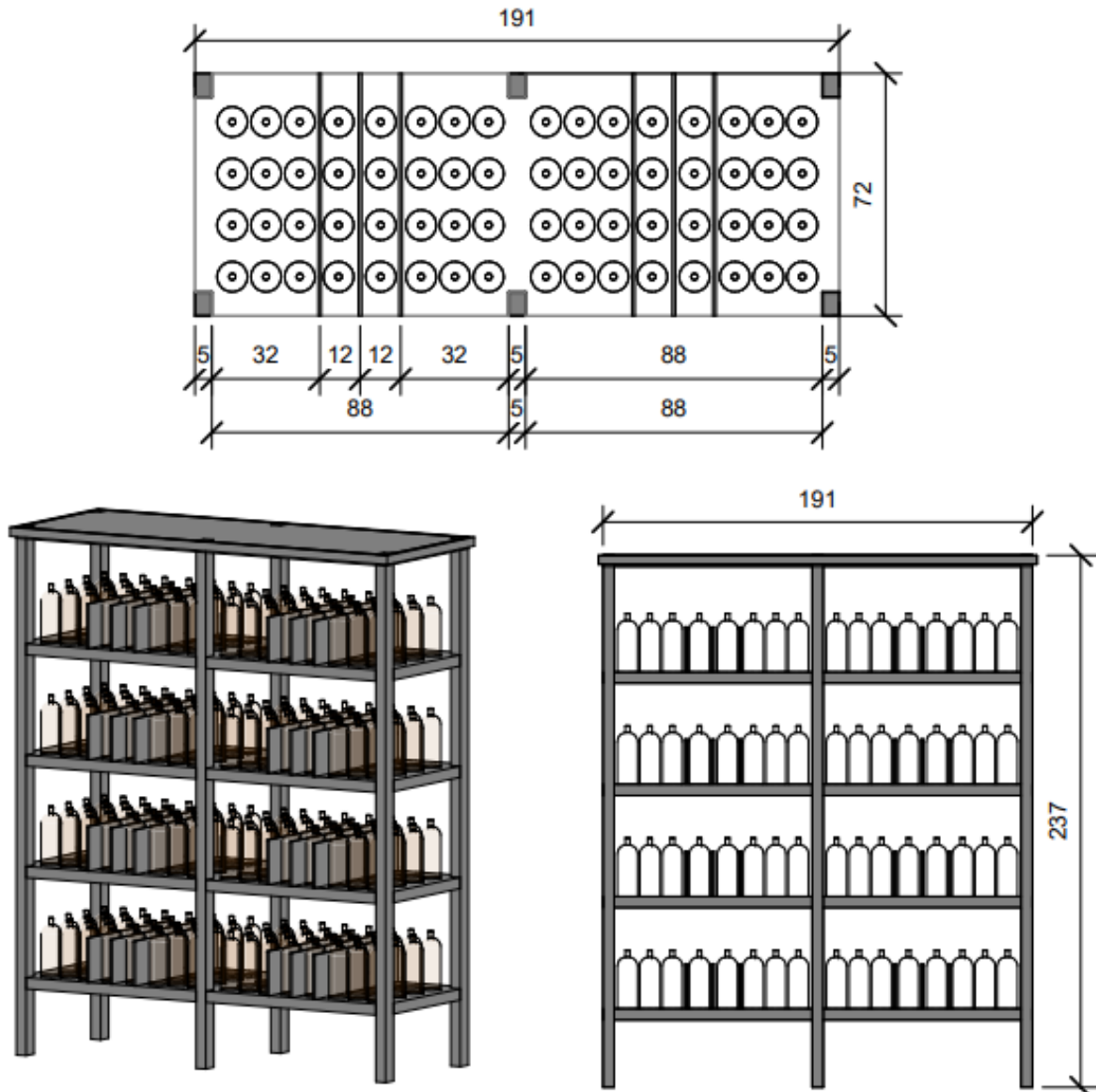
Durante o processo de levantamento e conferência do estoque de reagentes, etapa essencial para a coleta de dados que subsidiaram o desenvolvimento do sistema, foi identificado um problema recorrente: reagentes parcialmente utilizados estavam sendo devolvidos ao estoque junto com os frascos novos, resultando na existência de múltiplos frascos abertos do mesmo produto. Essa prática comprometia o controle e a organização do estoque.

Para solucionar essa demanda e promover maior integração com o sistema de controle de estoque, propôs-se a subdivisão física das prateleiras do almoxarifado. Dessa forma, quando um reagente for utilizado parcialmente, ele será devolvido ao estoque em um local separado dos frascos novos.

Essa medida evita o uso simultâneo de vários frascos abertos ao mesmo tempo e facilita a gestão do consumo, contribuindo para um controle mais eficiente e seguro dos reagentes químicos. Além de melhorar na organização física do laboratório e reduzir perdas.

A Figura 40 apresenta o projeto do novo *layout* das prateleiras, com a separação clara entre os frascos novos e os parcialmente utilizados, com uma estrutura física as Figuras 41 e 42 apresentam como ficou está mudança.

FIGURA 40 – PROJETO LAYOUT DAS PRATELEIRAS



FONTE: Autoria própria 2025

FIGURA 41 – ORGANIZAÇÃO DAS PRATELEIRAS



FONTE: Autoria própria 2025

FIGURA 42 – VISÃO GERAL DAS PRATELEIRAS



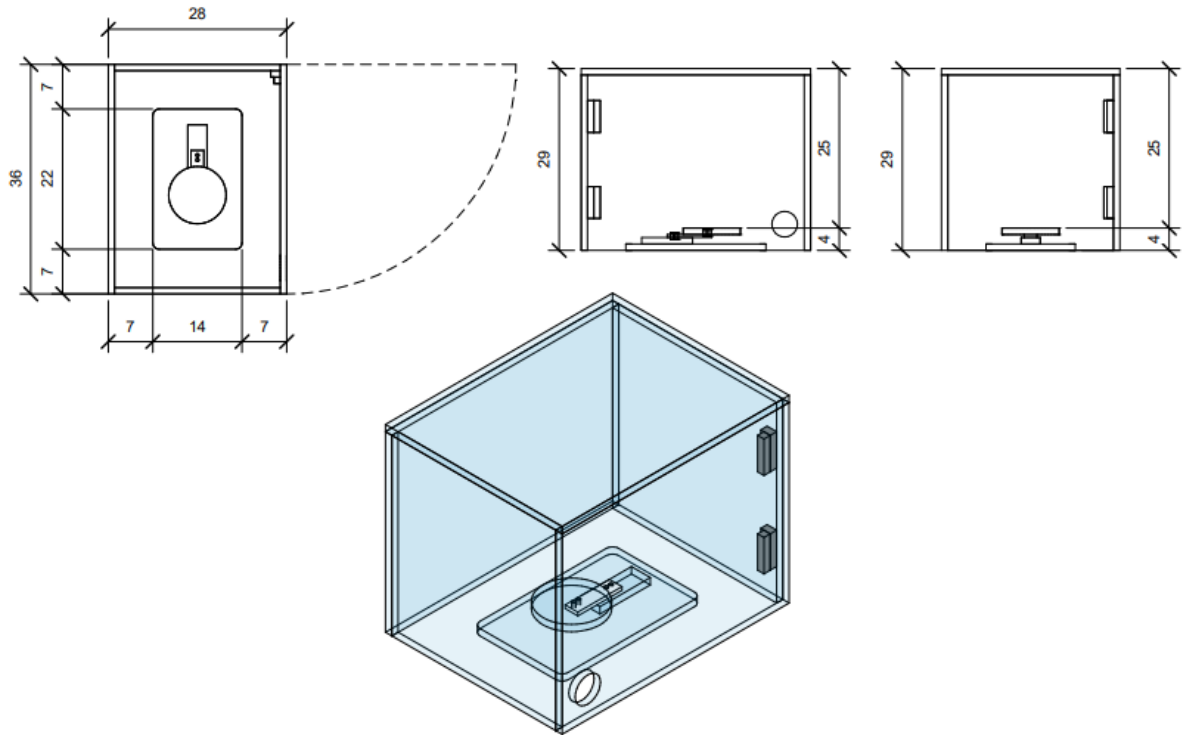
FONTE: Autoria própria 2025

4.7 DESENHO DA BALANÇA E O PROJETO IDEALIZADO

A Figura 43 representa o projeto técnico da balança, que está envolta por uma estrutura de acrílico, com o objetivo de reduzir oscilações externas e, conseqüentemente, aprimorar a precisão das medições.

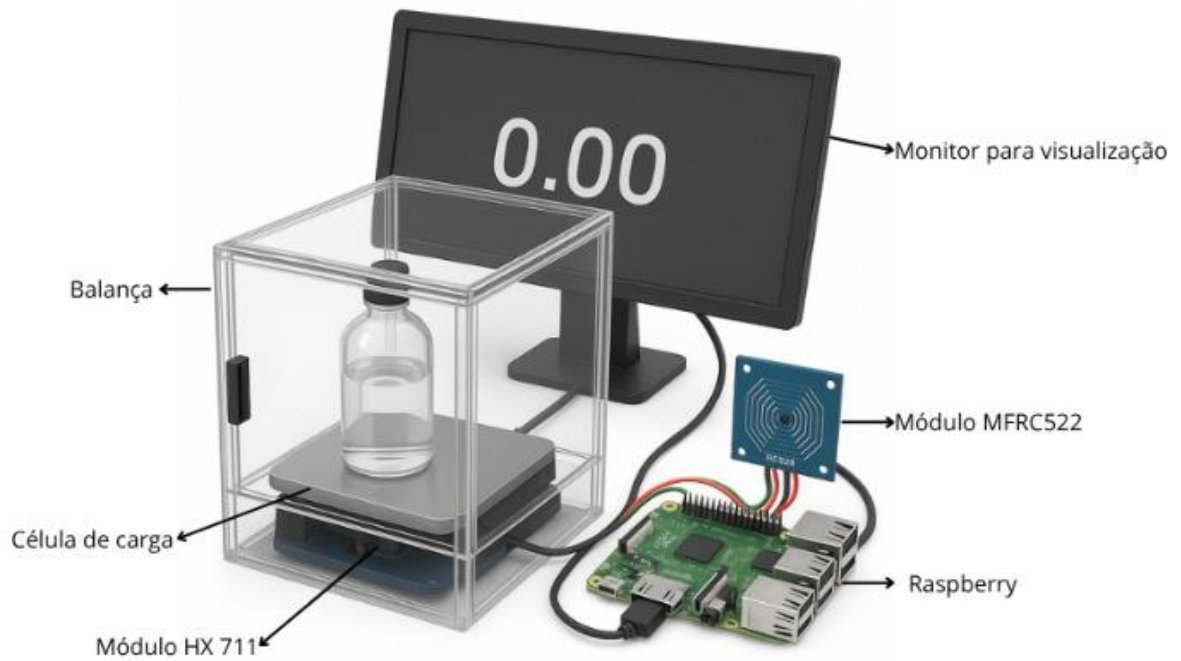
A Figura 44 mostra a proposta idealizada para o projeto em sua configuração futura, contemplando ajustes que visam otimizar sua funcionalidade e ergonomia. É importante destacar que, no modelo definitivo, o módulo leitor RC522 deverá ser posicionado abaixo da estrutura da balança, ao lado da célula de carga, de forma a integrar de maneira compacta e eficiente os processos de identificação por RFID e pesagem. No entanto, para fins de melhor visualização e clareza na representação técnica, o referido módulo foi propositalmente omitido no desenho apresentado.

FIGURA 43 – PROJETO BALANÇA



FONTE: Autoria própria 2025

FIGURA 44 – PROJETO BALANÇA IDEALIZADA



FONTE: Autoria própria 2025

4.8 AVALIAÇÃO E RESULTADOS

O primeiro objetivo deste estudo foi identificar um modelo de controle de estoque que fosse adequado às características dos reagentes químicos utilizados no laboratório. Após a análise da literatura e revisão teórica, foi possível concluir que o modelo mais eficaz para o contexto em questão seria um modelo híbrido, que combina elementos dos sistemas de revisão contínua e periódica. Esta escolha se justificou pela natureza específica dos reagentes químicos, muitos dos quais exigem um controle rigoroso devido a regulamentações de segurança.

O modelo híbrido se mostrou vantajoso, por unir o melhor de ambos os sistemas. A revisão contínua permite o monitoramento constante dos níveis de estoque, o que é essencial para garantir que não haja faltas inesperadas ou excesso de reagentes, enquanto o sistema de revisão periódica permite avaliações regulares e aprofundadas, proporcionando uma visão mais ampla da gestão de estoque ao longo do tempo. Essa combinação forneceu não apenas a segurança e a eficiência, mas também a adequação da gestão de estoque às particularidades e exigências do ambiente laboratorial.

Com base nesse modelo, foi desenvolvido um sistema informatizado de controle de estoque, implementado por meio de um programa Web em PHP. As simulações realizadas durante a fase de testes confirmaram a eficácia e a confiabilidade do processo. O programa foi capaz de registrar corretamente todas as requisições, controlar os níveis de estoque de forma precisa e gerar relatórios detalhados sobre a movimentação dos reagentes, como evidenciado pelas Figuras de 26 a 30. Esses resultados demonstram que o sistema funciona conforme o esperado e que sua implementação pode ser considerada eficaz.

A regra de consumo de reagentes foi o critério FIFO (*First In, First Out*), o que significa que os primeiros reagentes a entrarem no estoque serão os primeiros a serem utilizados. Essa abordagem não apenas facilita a utilização dos reagentes dentro do prazo de validade, mas também permite um gerenciamento mais eficiente e ordenado do estoque. Além disso, essa estratégia foi complementada por uma reorganização física do laboratório. A alteração do layout das prateleiras não só otimizou o espaço disponível, como também melhorou a visibilidade e a identificação

visual dos insumos, facilitando a separação dos materiais em uso. Como resultado, houve redução no tempo necessário para localização e manipulação dos reagentes.

O sucesso do desenvolvimento do protótipo foi evidente na integração dos componentes de hardware e software. O sistema foi capaz de identificar os reagentes utilizando a tecnologia RFID e registrar o peso de cada item. Essa funcionalidade representa um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais de controle de estoque, que são predominantemente manuais e suscetíveis a erros humanos. Com o sistema informatizado, a probabilidade de falhas é reduzida, e o processo de conferência do estoque se torna muito mais ágil, contribuindo para uma maior precisão e redução do tempo gasto nessas atividades.

Outro ponto de destaque é a utilização de componentes de baixo custo e de software de código aberto, como Python, Ubuntu Server e MySQL. Essas escolhas não só garantiram a viabilidade econômica do projeto, tornando-o acessível a um maior número de laboratórios, mas também possibilita a replicabilidade do sistema em outras unidades, com um custo reduzido. A utilização de tecnologia aberta também garante maior flexibilidade para possíveis futuras melhorias e adaptações.

A interface gráfica desenvolvida para o sistema foi projetada para ser intuitiva e fácil de usar, mesmo por usuários com pouca experiência em tecnologia. A estrutura foi organizada em guias, permitindo que os usuários acessassem rapidamente as funcionalidades essenciais para o gerenciamento do estoque. A clareza e a simplicidade da interface garantiram que os laboratórios pudessem utilizar o sistema de forma eficaz desde o início de sua implementação, sem a necessidade de treinamento extensivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa dissertação abordou a gestão de estoques de reagentes químicos em laboratório de bromatologia, cujos desafios contam com a particularidade da escassez de recursos e pelas rigorosas exigências regulatórias, como o controle exercido pela Polícia Federal via SIPROQUIM. Outro fator preponderante de complexidade é o ambiente de múltiplos usuários, como estudantes de graduação e pós-graduação, e a necessidade de garantir a segurança, a rastreabilidade e a disponibilidade contínua de insumos críticos. Essa realidade motivou a busca por uma solução automatizada que fosse ao mesmo tempo eficiente e adaptada ao contexto acadêmico.

Para alcançar esse objetivo, adotou-se a metodologia *Design Science Research* (DSR), focada no desenvolvimento e a avaliação de um artefato tecnológico capaz de aprimorar o controle de estoque no laboratório multidisciplinar da instituição em foco. O artefato resultante consiste em um protótipo funcional que integra duas tecnologias principais: Identificação por Radiofrequência (RFID), utilizada para a identificação única de cada frasco de reagente, e um sistema de pesagem baseado em célula de carga com o módulo HX711, capaz de registrar com precisão o volume retirado ou devolvido. O sistema é controlado por um Raspberry Pi 4 Modelo B programado em Python com armazenamento dos dados em um banco MySQL.

A interface gráfica desenvolvida permitiu a realização das operações essenciais para o controle de estoque, como cadastro, requisição, ajuste de estoque, consulta e geração de relatórios, de forma prática e acessível, o que demonstra sucesso na concepção e implementação do objetivo.

As principais contribuições deste trabalho residem na demonstração da viabilidade técnica da integração das tecnologias RFID e de pesagem para o controle automatizado de reagentes em único artefato. O protótipo desenvolvido representa uma solução concreta para mitigar as falhas inerentes aos processos manuais, como a desorganização, erros de registro e dificuldades no cumprimento das normativas de controle.

A documentação detalhada do processo de *design* e desenvolvimento, incluindo a seleção de componentes de baixo custo e *software* de código aberto, confere ao projeto um caráter de replicabilidade e acessibilidade, relevante para outras instituições que enfrentam desafios similares (ver **APÊNDICE E**).

Apesar dos avanços alcançados, é importante reconhecer que a avaliação do protótipo, embora tenha comprovado sua funcionalidade, concentrou-se primordialmente na descrição da construção e na demonstração operacional, carecendo de uma validação quantitativa rigorosa de seu desempenho.

Alguns aspectos críticos ainda precisam ser avaliados de forma mais aprofundada, como a precisão e a estabilidade da balança em diferentes condições, a confiabilidade da leitura dos tags RFID em um ambiente real de laboratório (onde podem existir interferências eletromagnéticas), o tempo de resposta do sistema em situações de uso intensivo e a capacidade de escalabilidade da solução — especialmente no que diz respeito ao uso do banco MySQL com grandes volumes de dados ou múltiplos acessos simultâneos. Também não foram realizados testes formais de usabilidade com os usuários finais, como técnicos de laboratório e estudantes, o que seria fundamental para ajustes finos na interface.

Diante do exposto, recomenda-se, para trabalhos futuros, a condução de testes experimentais mais abrangentes, que permitam avaliar quantitativamente o desempenho do sistema em operação real. A validação da precisão da balança, a análise da performance do sistema RFID sob diferentes cenários e a medição da latência das operações são etapas essenciais.

Sugere-se, ainda, a realização de estudos de usabilidade para refinar a interface e garantir sua adequação às necessidades e ao fluxo de trabalho dos usuários. A exploração da integração do sistema com plataformas institucionais existentes, como sistemas de gestão acadêmica (SUAP) ou de compras, poderia ampliar significativamente seu impacto. Investigações sobre a implementação de bancos de dados mais robustos para garantir a escalabilidade e a análise de requisitos de segurança da informação também constituem avenidas promissoras para pesquisa e desenvolvimento subsequentes.

Em síntese, este trabalho foi bem sucedido em propor, construir e demonstrar um protótipo inovador voltado à gestão automatizada de reagentes químicos em laboratórios universitários. O artefato proposto oferece uma solução promissora para os desafios identificados, com potencial para aumentar a eficiência, a segurança e a conformidade regulatória. Embora ainda sejam necessários novos testes e validações em maior escala, os resultados alcançados até aqui fornecem uma base sólida e um caminho claro para o aprimoramento e eventual implementação prática dessa tecnologia no contexto da gestão laboratorial acadêmica.

REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, F.; AYRES, A. P. S.; SUCUPIRA, C. **Gestão de estoques**. 1. ed. Rio de Janeiro, Editora FGV, 2008.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The internet of things: A survey**. **Computer networks**. 54(15):2787–2805; 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais: uma introdução**. São Paulo: Atlas, 2006.
- BABIUCH, M.; FOLTÝNEK, P.; SMUTNÝ, P. **Using the ESP32 microcontroller for data processing**. In: 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC). IEEE, p. 1-6; 2019.
- BAESSO, G. L.; BRUNO, D. M. **Indústria 4.0 e seu Papel na Engenharia de Produção**. dez. de 2020. Disponível em: https://aprepro.org.br/combrepro/2020/anais/arquivos/09262020_060906_5f6f1036e2cc6.pdf. Acesso em: 15 jan. 2023.
- BALANIS, C. A. **Antenna Theory: Analysis and Design**. 4. ed. [S.l.]: John Wiley Sons, 2016. BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- Belisário, D. J.; Rodolpho, D. **A gestão de inventário para eficiência operacional e eficácia da empresa**. Revista Interface Tecnológica, v. 19, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.31510/infa.v19i1.1391> Acesso em: 10 jul. 2023.
- BERNARDO, C. G. **A tecnologia RFID e os benefícios da etiqueta inteligente para os negócios**. Revista Eletrônica Unibero de Produção Científica, São Paulo, set. 2004. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3368124-A-tecnologia-rfid-e-os-beneficios-da-etiqueta-inteligente-para-os-negocios.html>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- BERTOIGNA, E. G. **Microcontroladores AVR teoria e prática: baseado no ATmega8515**. 1ª ed. Curitiba: Edição do Autor, 2014.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 5, DE 25 DE MAIO DE 2017**. Dispõe sobre as regras e diretrizes do procedimento de contratação de serviços sob o regime de execução indireta no âmbito da Administração Pública federal direta, autárquica e fundacional. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/images/conteudo/ArquivosCGNOR/IN-n-05-de-26-de-maio-de-2017---Hiperlink.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.
- BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 205, DE 08 DE ABRIL DE 1988**. Racionaliza sobre minimização de custos do uso de material no âmbito do SISG através de técnicas modernas que atualizam e enriquecem essa gestão. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes->

[normativas/instrucao-normativa-no-205-de-08-de-abril-de-1988](#). Acesso em: 21 fev. 2025

BRASIL. **Lei nº 10.357**, de 27 de dezembro de 2001. Estabelece normas de controle e fiscalização sobre produtos químicos que direta ou indiretamente possam ser destinados à elaboração ilícita de substâncias entorpecentes, psicotrópicas ou que determinem dependência física ou psíquica, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10357.htm. Acesso em: 19 nov. 2023.

BRASIL. **LEI Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm. Acesso em: 19 mar. 2024.

BYONDI, F. K.; CHUNG, Y. **Longest-range UHF RFID sensor tag antenna for IoT applied for metal and non-metal objects**. Sensors 2019, v. 19, n. 24, p. 1-13, dez. 2019. DOI: 10.3390/s19245460

CAUCHICK, P.; LACERDA, D. P.; DRESCH, A. **Metodologia Científica para Engenharia**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2019. E-book. pág. 108. ISBN 9788595150805. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595150805/>. Acesso em: 15 out. 2024.

CAVALCANTE, T. L. **Desenvolvimento de sistema para controle de reagentes em laboratórios de análises clínicas e pesquisa**. 2021. 60 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Pesquisa Clínica) – Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 2021.

CEJA, J.; RENTERIA, R.; RUELAS, R.; OCHOA, G.; **Módulo ESP8266 y sus aplicaciones en el internet de las cosas**. Revista de Ingeniería Eléctrica, v. 1, n. 2, p. 24-36, 2017.

CHOPDE, A., KECHE, V., KARMALKAR, A., KASODEKAR, M. **Inventory Management using Near Field Communication (NFC)**. International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics (ICMCSI), Goathgaun, Nepal, 2025, pp. 510-513, Disponível em: [10.1109/ICMCSI64620.2025.10883490](https://doi.org/10.1109/ICMCSI64620.2025.10883490). Acesso em: 15 jul. 2025.

CHOPRA, S., MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação**. 6 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019.

DE SOUZA, E. A. **A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: A INDÚSTRIA 4.0 REDEFININDO PADRÕES PRODUTIVOS E COMPORTAMENTAIS DA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA**. Brazilian Business Law Journal/Administração de Empresas em Revista, v. 28, n. 2, 2022

DE OLIVEIRA, S. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. Novatec. COMPUTER NETWORKS, Volume 54, Issue 15,2010, Pages 2787-2805. Editora, 2017.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DRESCH, A.; **Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção**. Dissertação; UNISINOS; 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-book. pág.112. ISBN 9788582605530. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582605530/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

DOBKIN, D. **The RF in RFID - Passive UHF RFID in Practice**. 1ª ed. Boston: Elsevier, 2008.

FELIPPES, B. A.; AGUIAR, J. G. DINIZ, A. C. G. C. **Sistema da qualidade em laboratórios universitários: Incentivo ao Ensino, Pesquisa e Extensão**. Brasil: Universidade de Brasília; Disponível em: DOI: 10.15552/2236-0158/abenge.v30n2p14-23. Acesso em: 04 jan. 2025.

FERNÁNDEZ, A.; GÓMEZ, B.; BINJAKU, K.; MEÇE, E.K. **Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review**. Educ Inf Technol 28, 12351–12382 (2023). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11544-0>. Acesso em: 04 jan. 2025.

FERREIRA, Y. da S.; BARBOSA, T. A.; ARAÚJO, J. L. de; RIBEIRO, K. C.; SANTOS, Y. B. I. **Teoria das filas aplicada em um supermercado na cidade de Belém-PA / Queuing theory applied in a supermarket in the city of Belém-PA**. Brazilian Journal of Business, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 783–799, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/8981>. Acesso em: 10 jan. 2025.

FINKENZELLER, K. **RFID handbook**. 3ª ed. USA: Wiley, 2010.

FREITAS, R. B. de. **Controle e segurança patrimonial por RFID no Departamento Acadêmico de Eletrônica da UTFPR Campo Mourão**. Tese (Mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campo Mourão, 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4999>. Acesso em 09 de nov. de 2023.

GILCHRIST, A. **Introducing Industry 4.0**. Industry 4.0, p. 195–215, 2016.

GOMES, P.; MARTINHO, J. **Recursos humanos na era da quarta revolução industrial: revisão sistemática da literatura sobre competências para a indústria 4.0**. RAE-Revista de Ativos de Engenharia, v. 1, n. 1, p. 17-29, 2023.

GRADILLAS, M.; THOMAS, L. D.W. **Distinguishing digitization and digitalization: A systematic review and conceptual framework.** Journal of Product Innovation Management, v. 42, n. 1, p. 112-143, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jpim.12690>. Acesso em: 15 jan. 2025.

GURGEL, F. A.; FRANCISCHINI, P. G. **Administração dos materiais e do Patrimônio.** Cengage Learning Brasil, 2013. E-book. ISBN 9788522129393. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522129393/>. Acesso em: 08 mar. 2024.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. **Design Science in Information Systems Research.** Mis Quaterly, V. 28, N. 1, P. 75-105, 2004.

INDUSTRY 4.0: **How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review,** Journal of Cleaner Production, Volume 259, 2020, 120856, ISSN 0959-6526, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>. Acesso em: 18 mar. 2024.

JOLLES, J. W. **Broad-scale applications of the Raspberry Pi: A review and guide for biologists.** Methods in Ecology and Evolution, 12, 1562–1579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13652>, 2021

KOCH, V.; KUGE, S.; GEISSBAUER, R.; SCHRAUF, S. **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet.** Stratety and Company, 2014.
KUMAR, R.; RANI S.; Awadh M.A. **Exploring the Application Sphere of the Internet of Things in Industry 4.0: A Review, Bibliometric and Content Analysis. Sensors.** 22(11):4276, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s22114276>. Acesso em 09 de fev. de 2025.

LACERDA, D. P; DRESCH, A; PROENÇA, A.; JÚNIOR, J. A. V A. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção.** Gest. Prod., São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

MISKIEWICZ, R.; WOLNIAK, R. **Practical Application of the Industry 4.0 Concept in a Steel Company. Sustainability.** 12, 5776, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12145776>. Acesso em 09 de nov. de 2024.

MOKHTARI, N., SAFARI, A., SADEGHI, S. BAGHERI, N., ROSTAMPOUR, S., BENDAVID, Y. **Practical security analysis and attack strategies on permutation functions used in IoT supply chain systems.** Sci Rep 15, 16427, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01041-y>. Acesso em 09 de jul. de 2025.

MONTALVÃO, A. C. P. S. **Estudo da conversão de polarização linear-circular em antenas dual-band para leitores RFID portáteis usando metasuperfícies miniaturizadas.** 2016. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/21543>. Acesso em 09 de nov. de 2023.

MONTALVAO, A. C. P. S.; MONTALVAO, E. S. R.; NETO, A. G.; CAMPOS, A. L. P. S.; SILVA, S. G. **DUAL-BAND ANTENNA CIRCULARLY POLARIZED FOR HANDHELD RFID READER USING METASURFACES**. Volume 58, Issue 10, 2016, p. 2294-2300. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mop.30038> . Acesso em: 12 abr. 2024.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Thomson, 2002.

MURÍS L. JR. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. Rio de Janeiro: LTC, 2019. E-book. ISBN 9788521636304. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521636304/>. Acesso em: 07 out. 2024.

NAKANO, D. **Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. *et al.* (org). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

OLIVEIRA, S. D. **Internet das Coisas com Esp8266, Arduino e Raspberry Pi**. 2ª. ed. São Paulo: Novatec, 312 p. ISBN 978-65-86057-35-5, 2021

PAOLESCHI, B. **ALMOXARIFADO E GESTÃO DE ESTOQUES**. Editora Saraiva, 2019. E-book. ISBN 9788536532400. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532400/>. Acesso em: 09 mar. 2024.

PARIDA, V.; SJÖDIN, D.; REIM, W. **Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: Past achievements and future promises**. *Sustainability*, v. 11, n. 2, p. 391, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11020391>. Acesso em: 09 mar. 2025.

PASIMENI, F. **SQL query to increase data accuracy and completeness in PATSTAT**. *World Patent Information*, 57, 1–7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2019.02.001>, Acesso em: 09 jul. 2025.

PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M. A.; CHATTERJEE, S. **A Design Science Research Methodology for Information Systems Research**. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>. Acesso em: 09 jul. 2025.

PERCY, J.; KANTHAMANI, S.; ROOMI, M.; SABAPATHY, T. **Strategies and approaches for RFID tag integration in textiles**. *Microelectronic Engineering*, Volume 299, 112358, ISSN 0167-9317, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mee.2025.112358>. Acesso em: 09 jul. 2025.

POZO, H. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais - Uma Abordagem Logística**, 7ª edição. Grupo GEN, 2015. E-book. ISBN 9788597004427. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597004427/>. Acesso em: 09 mar. 2024.

PREDESCU, A., TRUICĂ, C. O., Apostol, E. S., Mocanu, M., Lupu, C. **An advanced learning-based multiple model control supervisor for pumping stations in a smart water distribution system**. Mathematics, v. 8, n. 6, 1 jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/math8060887>. Acesso em: 09 ago. 2025.

RAHAYU. A., MANURUNG. A. **Review and Periodic Review Dalam Pengendalian Persediaan Bahan Baku**. Perbandingan Metode Continuous, Volume 4(2), 2024, p.1-9. Disponível em: doi: <https://doi.org/10.59632/leibniz.v4i02.444> . Acesso em: 09 ago. 2025.

RANI, S.; KATARIA, A.; SHARMA, V.; GHOSH, S.; KARAR, V.; LEE, K.; CHOI, C. **Ameaças e medidas corretivas para a segurança da IoT com observância do crime cibernético: uma pesquisa**. Wireless Communications and Mobile Computing, v. 2021, p. 1-30, 2021. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/5579148> Acesso em: 29 fev. 2025.

RFID JOURNAL. **Glossary of RFID Terms**. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/glossary/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SABARISH, M. S., SRIHARI, S., ARUNAA, T. S., KURUP, D. G. **Simulation and design of a chipless passive RFID tag**. International Conference on Advances in Electronics Computers and Communications, IEEE, 2014.

SERRES, A. J. R.; GURJÃO, E. C.; SERRES, G. K. F. **RFID sem chip, o código de barras do futuro?** Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, v. 5, n. 2, p. 19-24, out. 2015

SIPPER, D.; BULFIN JR., R.L. **Production: Planning, Control and Integration**, New York: Mc Graw Hill, 1998.

SJÖDIN, D. R. Parida, V.; Leksell, M.; Petrovic, A. **Smart Factory Implementation and Process Innovation**. Research-Technology Management, v. 61, n. 5, p. 22–31, 3 set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471277>. Acesso em: 09 mar. 2024.

ŠKRABA, A. **Prototype of group heart rate monitoring with NODEMCU ESP8266. MEDITERRANEAN CONFERENCE ON EMBEDDED COMPUTING**. 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7977151>. Acesso em: 07 fev. 2023.

STONER, J. A. F.; FREEMAN, R. E. **Administração**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, c1999.

STUTZMAN, W. L.; THIELE, G. A. **Antenna theory and design**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013

SUCUPIRA, C.; PEDREIRA, C. (2009) **Inventários Físicos: A importância da acuracidade dos estoques**. Disponível em: <https://centralderecursos.ideagri.com.br/posts/inventarios-fisicos-a-importancia-da->

[acuracidade-dos-estoques-cezar-sucupira-e-cristina-pedreira](#). Acesso em 05 out. 2024.

THORNTON, F.; Haines, B.; Bhargava, H.; Campbell, A.; Kleinschmidt, J. **RFID security**. Canada: Syngress, 2006.

TL Cavalcante, MME Oliveira, RM Esteves, AG Vizzoni. **FERRAMENTA TECNOLÓGICA PARA GESTÃO DO ESTOQUE DE REAGENTES EM IMUNOHEMATOLOGIA**, Hematology, Transfusion and Cell Therapy, Volume 43, Supplement 1, 2021, p.373-S374, ISSN 2531-1379. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.htct.2021.10.636>. Acesso em: 09 mar. 2024

USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. **Industry 4.0: managing the digital transformation**. Springer, 2018. ISSN 1860-5168 ISSN 2196-1735 (electronic) Springer Series in Advanced Manufacturing ISBN 978-3-319-57869-9 ISBN 978-3-319-57870-5 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>

VAN AKEN, J. E. **Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules**. Journal of Management Studies, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x>

VIANA, J. J. **Administração de materiais: um enfoque prático**. 1. ed São Paulo: Atlas, 2002.

VIEIRA, H. F. **Gestão de estoques e operações industriais**. IESDE BRASIL SA, 2009. Disponível em: https://arquivostp.s3.amazonaws.com/qcursos/livro/LIVRO_gestao_de_estoques_e_operacoes_industriais.pdf. Acesso em 09 de nov. de 2023.

YOO, Y.; BOLAND, R. J.; LYYTINEN, K.; MAJCHRZAK, A. **Organizing for Innovation in the Digitized World**. Organization Science, 23(5), 1398-1408, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/orsc.1120.0771>. Acesso em: 15 jan. 2025.

YUSIANTO, R., PRASETYANTO, W. **Implementation of RFID Technology in Inventory Control**. In Pro Siding International Seminar on Applied Technology, Science and Arts; ITS Surabaya, pp. 21–22; 2010.

ZENG, L., GRAU, D., & XIAO, Y. **Avaliando a viabilidade de comunicações RFID passivas e BAP em cenários de canteiros de obras**. IEEE Systems Journal, v. 10, n. 4, p. 1505-1515, 2015.

APÊNDICE A – COLETA DE DADOS

Para dar início à implementação de um sistema de controle de estoque, é fundamental realizar um levantamento detalhado dos reagentes atualmente armazenados no almoxarifado do laboratório de bromatologia. Esse levantamento deve conter a descrição completa dos itens, incluindo o nome dos reagentes, estado físico (sólido, líquido), data de validade e data de aquisição conforme Tabela 2.

Vale ressaltar que, devido à realização de várias compras por diferentes professores que utilizam este laboratório multidisciplinar e à ausência de um controle do estoque, torna-se impossível verificar a data de aquisição dos reagentes. Esse fator reforça a necessidade de implementar um sistema de controle de estoque que permita o registro com as informações de entradas e saídas de reagentes, para poder reestrear e organizar no futuro.

TABELA 1- banco *de dados*

Nome do Reagente	Fórmula	Quantidade (g ou ml)	Data de Validade	Data de Fabricação	Fornecedor	Número de Lote
Acetato de Etila	C4H8O2	3 uni. 1000ml	novembro, 2011	novembro, 2007	Dinâmica	27468
Acetato de Potássio	CH3CO2K	2 uni. 500g	março, 2015	março, 2011	Cromoline	32471/11
Acetato de Sódio Trihidratado	C2H3NaO2	2 uni. 1000g	abril, 2023	abril, 2018	Neon	46186
Acetona	C3H6O	2 uni. 1000ml	junho, 2024	junho, 2019	Emsure	KS1512814
Acetona	C3H6O	1 uni. 1000ml	fevereiro, 2024	fevereiro, 2019	Neon	45735
Ácido Acético	CH3COOH	13 uni. 1000ml	setembro, 2021	setembro, 2016	Neon	34550
Ácido Bórico	H3BO3	25 uni. 1000g	abril, 2021	abril, 2013	CRQ	1447.09/13
Ácido Bórico	H3BO4	4 uni. 1000g	novembro, 2024	novembro, 2019	Neon	50602
Ácido Bórico	H3BO5	3 uni. 1000g	maio, 2022	maio, 2018	Cromoline	52876/18
Ácido Cítrico	C6H8O7	8 uni. 1000g	fevereiro, 2022	fevereiro, 2017	Neon	37027
Ácido Clorídrico	HCL	18 uni. 1000ml	maio, 2017	maio, 2013	Neon	12802
Ácido L- (+) - Lático	C3H6O3	1 uni. 1000ml	janeiro, 2024	janeiro, 2019	Neon	46666
Ácido Maleico	C4H4O4	1 uni. 500g	dezembro, 2021	dezembro, 2017	Dinâmica	93633
Ácido Nítrico	HNO3	3 uni. 1000ml	julho, 2018	julho, 2015	Synth	190988
Ácido Nítrico	HNO3	3 uni. 1000ml	março, 2021	março, 2016	Êxodo Científica	4072
Ácido Orto-Fósforico 85%	H3PO4	4 uni. 1000ml	novembro, 2021	novembro, 2017	Neon	39984
Ácido Orto-Fósforico 85%	H3PO5	5 uni. 1000ml	abril, 2021	abril, 2017	Anidrol	34.603-1
Ácido Oxálico Cristal	C2H2O4	8 uni. 1000g	setembro, 2019	setembro, 2015	Dinâmica	76661
Ácido Oxálico Cristal	C2H2O5	2 uni. 1000g	janeiro, 2014	janeiro, 2010	Cromoline	26231/10
Ácido Perclórico	HCIO4	1 uni. 1000ml	dezembro, 2016	dezembro, 2015	Cinética	5-3062
Ácido Sulfúrico	H2SO4	4 uni. 1000ml	outubro, 2022	outubro, 2017	Neon	43221
Ácido Sulfúrico	H2SO5	6 uni. 1000ml	agosto, 2027	agosto, 2022	Química Moderna	13052
Ácido Tricloroacético	C2HCl3O2	2 uni. 500g	abril, 2024	abril, 2018	Neon	48819
Água Oxigenada	H2O2	1 uni. 1000ml	fevereiro, 2014	fevereiro, 2012	Vic Pharma	L.M.45238
Alantoína	C4H6N4O3	1 uni. 100g	agosto, 2019	agosto, 2013	Vetec	DCBC8624 V

Álcool Butílico Terciário	C4H9OH	2 uni. 1000ml	janeiro, 2017	janeiro, 2013	Dinâmica	56195
Álcool Etilico	C2H6O	24 uni.1000ml	agosto, 2023	agosto, 2018	Allkimia	170818
Álcool Etilico	C2H6O	6 uni.1000ml	setembro, 2027	setembro, 2023	Dinâmica	127886
Álcool Metilico	CH3OH	24 uni.1000ml	maio, 2021	maio, 2017	Anidrol	35.122-1
Álcool Octílico	C8H18O	1 uni. 1000ml	maio, 2013	maio, 2009	Dinâmica	33709
Antrona	C14H10O	1 uni. 25g	abril, 2015	abril, 2011	Cromoline	32692111
Benzeno	C6H6	2 uni.1000ml	janeiro, 2020	janeiro, 2016	Dinâmica	79276
Bicarbonato de Sódio	NaHCO3	2 uni. 500g	julho, 2024	julho, 2019	Neon	48767
Bicromato de Potássio	K2Cr2O7	1 uni. 500g	março, 2025	março, 2021	Anidrol	62.484-1
Brometo de Cetilnitril Amônio	C19H42BrN	1 uni. 500g	novembro, 2022	dezembro, 2017	Neon	47877
Brometo de Cetilnitril Amônio	C19H42BrN	2 uni. 250g	outubro, 2022	novembro, 2017	Neon	41769
Brometo de Cetiltrimetilamônio	C19H42BrN	1 uni. 250g	outubro, 2022	outubro, 2017	Neon	41769
Brometo de Cetiltrimetilamônio	C19H42BrN	4 uni. 250g	outubro, 2025	outubro, 2021	Dinâmica	117510
Brometo de Cetiltrimetilamônio	C19H42BrN	2 uni. 500g	agosto, 2021	agosto, 2015	Vetec	DCBD2938 V
Brometo de Cetiltrimetilamônio	C19H42BrN	1 uni. 500g	fevereiro, 2018		Himedia	192301
Buffered Listeria Broth		2 uni. 500g	agosto, 2017	agosto, 2012	LABM	134675727 4
Carbonato de Sódio	Na2CO3	8 uni. 500g	janeiro, 2012	janeiro, 2017	Dinâmica	27924
Carbonato de Sódio	Na2CO3	8 uni. 500g	maio, 2026	maio, 2022	Dinâmica	121526
Carbonato de Sódio	Na2CO3	1 uni. 500g	julho, 2024	julho, 2018	Êxodo Científica	180706078 0
Carbonato de Sódio	Na2CO3	6 uni. 1000g	março, 2018	março, 2013	Neon	13082
Cetremide		5 uni. 100g	agosto, 2011	agosto, 2007	Cromoline	12976/07
Cisteína	C3H7NO2S	2 uni. 25g	maio, 2023	maio, 2017	Dinâmica	88618
Cloreto de Bário	BaCl2	1 uni. 250g	junho, 2023	junho, 2018	Neon	52637
Cloreto de Cálcio	CaCl2	3 uni. 500g	julho, 2026	julho, 2022	Dinâmica	122296
Cloreto de Cálcio	CaCl2	1 uni. 1000g	novembro, 2018	novembro, 2013	Alphatec	21694

Cloreto de Cobre Dihidratado	Cl ₂ Cu ₂ H ₂ O	1 uni. 500g	agosto, 2020	agosto, 2015	Vetec	DC8D6028 V
Cloreto de Potássio	KCl	1 uni. 500g	setembro, 2019	setembro, 2014	Cinética	22348
Cloreto de Potássio	KCl	1 uni. 500g	agosto, 2023	agosto, 2018	Neon	45227
Cloreto de Sódio	NaCl	1 uni. 500g	janeiro, 2021	janeiro, 2017	Neon	39920
Cloreto de Sódio	NaCl	2 uni. 1000g	março, 2021	março, 2017	Dinâmica	87700
Clorofórmio 99,8%	CHCl ₃	1 uni. 1000ml	julho, 2024	julho, 2019	Neon	52993
Dicromato de Potássio	K ₂ Cr ₂ O ₇	3 uni. 1000g	novembro, 2020	novembro, 2016	Dinâmica	85287
Dicromato de Potássio	K ₂ Cr ₂ O ₈	2 uni. 1000g	julho, 2024	agosto, 2019	Neon	49227
Difenilamina	C ₁₂ H ₁₁ N	1 uni. 100g	dezembro, 2023	dezembro, 2016	Neon	52366
Dodecil Sulfato de Sódio	NaC ₁₂ H ₂₅ SO ₄	9 uni. 500g	janeiro, 2022	janeiro, 2019	Neon	49226
Edta Sal Dissódico Dihidratado	C ₁₀ H ₁₄ N ₂ Na ₂ O ₈	5 uni. 1000g	agosto, 2023	agosto, 2018	Neon	49216
Edta Sal Dissódico Dihidratado	C ₁₀ H ₁₄ N ₂ Na ₂ O ₈	7 uni. 1000g	dezembro, 2016	dezembro, 2012	Êxodo Científica.	ED9507RA
Estanho Granulado		2 uni. 250g	janeiro, 2014	janeiro, 2010	Êxodo Científica	1391
Éter Etílico	(C ₂ H ₅) ₂ O	10 uni. 1000ml	abril, 2020	abril, 2017	Qthermis	20246
Éter Petroleo	C ₆ H ₄	9 uni. 1000ml	setembro, 2026	setembro, 2023	Synth	264670
Fenilhidrazina Cloridrato	C ₆ H ₅ NHNH ₂	1 uni. 100g	julho, 2019	julho, 2015	Vetec	BCBD2103 V
Fenol Cristal (Ácido Fenico)	C ₆ H ₆ O	1 uni. 500g	dezembro, 2013	dezembro, 2009	Dinâmica	36638
Fenoltaleína	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	1 uni. 100g	abril, 2014	outubro, 2010	Cromoline	30414/10
Fenoltaleína	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	1 uni. 100g	agosto, 2022	agosto, 2016	Dinâmica	83544
Ferrocimento de Potássio	C ₆ FeK ₄ N ₆	1 uni. 500g	outubro, 2019	outubro, 2015	Vetec	DCBC7631 V
Fluoresceína Sódica	C ₂₀ H ₁₂ O ₅	1 uni. 100g	maio, 2020	maio, 2015	Neon	22686
Formaldeido	CH ₂ O	6 uni. 1000ml	maio, 2017	maio, 2013	Dinâmica	58651
Formaldeido	CH ₂ O	10 uni. 1000ml	maio, 2022	maio, 2016	Êxodo Científica.	F1918RA
Formamida	CH ₃ NO	4 uni. 1000ml	abril, 2018	abril, 2013	Neon	13091
Fosfato de Amônio Bifásico	(NH ₄) ₃ PO ₄	1 uni. 1000g	setembro, 2017	setembro, 2012	Neon	12934
Fosfato de Potássio	KH ₂ PO ₄	1 uni. 500g	setembro, 2017	setembro, 2013	Dinâmica	62694

Fosfato de Sódio Bibásico	Na ₂ HPO ₄	2 uni. 500g	janeiro, 2019	janeiro, 2015	Dinâmica	72472
Fosfato de Sódio Bibásico	Na ₂ HPO ₄	1 uni. 1000g	setembro, 2027	setembro, 2023	Synth	264438
Fosfato de Sódio Bibásico	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	2 uni. 1000g	maio, 2022	maio, 2019	Neon	47747
Fosfato de Sódio Dibásico	Na ₂ HPO ₄	1 uni. 500g	maio, 2020	maio, 2016	Anidrol	31.258
Fosfato de Sódio Didásico	Na ₂ HPO ₅	1 uni. 500g	julho, 2026	julho, 2023	Vetec	DCBB4652
Fosfato de Sódio Monobásico	NaH ₂ PO ₄	1 uni. 1000g	agosto, 2023	agosto, 2019	Neon	50918
Fosfato de Sódio Tribásico Dodecahidratado	Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	1 uni. 500g	abril, 2022	abril, 2018	Neon	43674
Fosfato de Potássio	KH ₂ PO ₄	1 uni. 1000g	setembro, 2017	setembro, 2013	Dinâmica	62694
Hexano	C ₆ H ₁₄	4 uni. 1000ml	abril, 2021	abril, 2017	Anidrol	34.042-1
Hidróxido de Alumínio	Al (OH) ₃	1 uni. 250g	agosto, 2019	agosto, 2013	Dinâmica	35044
Hidróxido de Amônia	NH ₄ OH	11 uni. 1000ml	janeiro, 2014	janeiro, 2010	Êxodo Científica	1447
Hidróxido de Amônia	NH ₄ OH	5 uni. 1000ml	fevereiro, 2021	fevereiro, 2017	Anidrol	34.930-1
Hidróxido de Amônia	NH ₄ OH	1 uni. 1000g	junho, 2016	dezembro, 2014	Neon	12610
Hidróxido de Potássio	KOH	9 uni. 1000g	março, 2020	março, 2016	Dinâmica	80065
Hidróxido de Potássio	KOH	13 uni. 1000g	junho, 2014	junho, 2010	Êxodo Científica	HP1967RA
Hidróxido de Potássio	KOH	4 uni. 1000g	julho, 2021	julho, 2017	Neon	39766
Hidróxido de Magnésio	Mg (OH) ₂	2 uni. 250g	janeiro, 2024	janeiro, 2020	Êxodo Científica	1397
Hidróxido de Sódio	NaOH	8 uni. 1000g	setembro, 2026	setembro, 2022	Dinâmica	123056
Hidróxido de Sódio	NaOH	7 uni. 1000g	outubro, 2026	outubro, 2023	Synth	265424
Hidróxido de Sódio	NaOH	2 uni. 1000g	abril, 2020	abril, 2016	Anidrol	31.096
Lauriléter Sulfato de Sódio	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH ₂ (OCH ₂ CH ₂) nOSO ₃ Na	2 uni. 500g	abril, 2026	abril, 2022	Dinâmica	120678
Lisina Cloridrato	C ₆ H ₁₄ N ₂ O	1 uni. 25g	outubro, 2013	outubro, 2019	Cromoline	25331/09
Metavanadato de Amônio	NH ₄ VO ₃	2 uni. 100g	outubro, 2013	outubro, 2009	Vetec	906005
Molibdato de Amônio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	3 uni. 500g	maio, 2014	maio, 2010	Êxodo Científica	1-545
Molibdato de Sódio	Na ₂ MoO ₄	2 uni. 250g	maio, 2020	maio, 2015	Synth	189250
Nitrato de Ferro	Fe (NO ₃) ₃	1 uni. 500g	julho, 2014	julho, 2010	Cromoline	28915/10
Nitrato de Potássio	KNO ₃	4 uni. 500g	maio, 2011	maio, 2017	Dinâmica	25565

Nitrato de Prata	AgNO3	22 uni. 100g	maio, 2013	maio, 2010	Cennabras	1755-10A
Óleo de Imersão		1 uni. 100ml	junho, 2023	junho, 2017	Dinâmica	90310
Permanganato de Potássio	KMnO4	2 uni. 250g	agosto, 2013	agosto, 2008	Vetec	804999
Permanganato de Potássio	KMnO4	5 uni. 500g	agosto, 2010	agosto, 2006	Dinâmica	22709
Peróxido de Hidrogênio 35%	H2O2	1 uni. 1000ml	outubro, 2025	outubro, 2023	Dinâmica	128180
Peróxido de Hidrogênio 35%	H2O3	1 uni. 1000ml	julho, 2018	julho, 2015	Synth	190388
Persulfato de Potássio	K2S2O8	6 uni. 1000g	julho, 2022	julho, 2017	Neon	49527
Selenito de Sódio	Na2SeO3	3 uni. 100g	julho, 2028	julho, 2022	Dinâmica	122430
Sílica Gel	SiO2	2 uni. 500g	dezembro, 2019	dezembro, 2017	Syscroma	1542017
Solução Digestora N/P		2 uni.1000ml	julho, 2017	julho, 2016	Anidrol	312.755
Solução Tampão	H3CCOOH	2 uni. 500ml	novembro, 2017	maio, 2017	Anidrol	34.458-1
Sulfato de Cobre	CuSO4	3 uni. 1000g	março, 2024	março, 2018	Êxodo Científica	5C31004RA
Sulfato de Cobre	CuSO4	3 uni. 500g	janeiro, 2025	janeiro, 2021	Dinâmica	112880
Sulfato de Cobre	CuSO4	1 uni. 1000g	junho, 2020	junho, 2015	Synth	190051
Sulfato de Cobre Pentahidratado	CuSO4.5H2O	3 uni. 1000g	agosto, 2026	agosto, 2021	Neon	59556
Sulfato de Ferro Hidratado	FeSO4 xH2O	1 uni. 1000g	março, 2024	setembro, 2016	Neon	53295
Sulfato de Magnésio Heptahidratado	MgSO4	1 uni. 500g	janeiro, 2022	janeiro, 2018	Neon	47154
Sulfato de Magnésio Heptahidratado	MgSO4	1 uni. 1000g	outubro, 2013	outubro, 2009	Cromoline	25240/09
Sulfato de Prata	Ag2SO4	1 uni. 100g	março, 2025	março, 2020	Neon	51139
Sulfato de Sódio Anidro	Na2SO4	2 uni.1000g	abril, 2026	abril, 2022	Dinâmica	120578
Sulfato de Sódio Anidro	Na2SO5	1uni. 1000g	outubro, 2022	outubro, 2017	Neon	45293
Sulfato de Sódio Anidro	Na2SO4	1 uni. 1000g	outubro, 2027	outubro, 2022	Synth	256576
Sulfato de Sódio Anidro	Na2SO4	3 uni. 1000g	abril, 2015	abril, 2011	Cromoline	32538/11
Sulfato de Sódio Anidro	Na2SO4	2 uni. 500g	setembro, 2013	setembro, 2009	Dinâmica	35505
Sulfato de Sódio Anidro	Na2SO4	1 uni. 1000g	maio, 2022	maio, 2018	Cromoline	52921/18
Tetraborato de Sódio	Na2[B4O5(OH)4] 8H2O	1 uni. 500g	outubro, 2014	outubro, 2010	Cromoline	30159/10

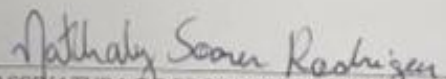
Tetraborato de Sódio Decahidratado	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10 H ₂ O	2 uni. 500g	abril, 2026	abril, 2022	Neon	40035
Tetraborato de Sódio Decahidratado	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10 H ₂ O	2 uni. 1000g	dezembro, 2024	dezembro, 2016	Neon	46776
Tetraborato de Sódio Decahidratado	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10 H ₂ O	1 uni. 500g	fevereiro, 2020	fevereiro, 2016	Dinâmica	79383
Tetraborato de Sódio Decahidratado	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10 H ₂ O	1 uni. 500g	outubro, 2014	outubro, 2010	Cromoline	30159/10
Tiosulfato de Sódio	Na ₂ S ₂ O ₃	3 uni. 1000g	janeiro, 2014	janeiro, 2010	Vetec	100276
Tiosulfato de Sódio	Na ₂ S ₂ O ₃	1 uni. 1000g	setembro, 2010	agosto, 2006	Cromoline	7808/06
Trietilenoglicol	C ₆ H ₁₄ O ₄	9 uni. 1000ml	novembro, 2024	novembro, 2020	Dinâmica	112134
Tris(hidroximetil) - aminometano	C ₄ H ₁₁ NO ₃	1 uni. 500g	agosto, 2013	agosto, 2008	Vetec	805008
Vaselina Sólida Branca	C ₂₅ H ₅₂	1 uni. 1000g	março, 2020	março, 2016	Anidrol	30.861
Verde de Bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	1 uni. 25g	abril, 2015	abril, 2011	Cromoline	32682/11
Verde de Bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	1 uni. 25g	maio, 2022	maio, 2016	Dinâmica	81395
Verde de Bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	2 uni. 25g	novembro, 2019	novembro, 2014	Neon	21769
Verde de Bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	1 uni. 25g	julho, 2024	julho, 2018	Êxodo Científica	180713866
Verde de Bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	1 uni. 25g	julho, 2010	julho, 2005	Vetec	504366
Verde de Bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	2 uni. 25g	abril, 2031	abril, 2023	Dinâmica	126154
Verde de Bromocresol	C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S	1 uni. 25g	março, 2022	março, 2015	Synth	187724
Vermelho de Metila	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₂	2 uni. 25g	janeiro, 2015	janeiro, 2011	Cromoline	31550/11
Vermelho de Metila	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₃	2 uni. 25g	dezembro, 2014	dezembro, 2009	Vetec	908254
Vermelho de Metila	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₄	1 uni. 25g	julho, 2020	julho, 2015	Synth	190333
Vermelho de Metila	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₅	1 uni. 25g	dezembro, 2020	dezembro, 2015	Neon	33532
Vermelho de Metila	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₆	1 uni. 25g	fevereiro, 2021	fevereiro, 2015	Dinâmica	72526
Xileno (Xilol)	C ₈ H ₁₀	4 uni. 1000ml	dezembro, 2021	dezembro, 2017	Dinâmica	93944

FONTE: Autoria própria, 2024.

APÊNDICE B – TERMO DE LIBERAÇÃO

AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTO DOS LABORATÓRIOS DE
ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA – UFR

ESTUDANTE:	Nathaly Soares Rodrigues
CONTATO DO ESTUDANTE:	66 996 29-1868
ORIENTADOR:	Cada Juliana
SETOR DO LABORATÓRIO SER UTILIZADO:	Sala aula
EQUIPAMENTO A SER UTILIZADO (LISTAR TODOS):	Estufa 1
REAGENTES E SOLUÇÕES NECESSÁRIAS (LISTAR SUBSTANCIA E QUANTIDADE)	
DATA DE UTILIZAÇÃO:	19/11 a 22/11
HORÁRIO DE UTILIZAÇÃO:	288 hora


 (ASSINATURA DO PROFESSOR SUPERVISOR OU
PROFESSOR RESPONSÁVEL PELO EQUIPAMENTO)

 (ASSINATURA DO PROFESSOR ORIENTADOR)
 (OBRIGATÓRIO PARA UTILIZAÇÃO FORA DO
HORÁRIO NORMAL DE TRABALHO)

 (ASSINATURA DO TÉCNICO)
 (SOMENTE PARA OS LABORATÓRIOS DE ENSINO E
EXTENSÃO NO HORÁRIO NORMAL DE TRABALHO)

AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTO DOS LABORATÓRIOS DE
ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA – UFR

ESTUDANTE:	Anno Paula da Silva dos Santos
CONTATO DO ESTUDANTE:	(65) 996855460
ORIENTADOR:	Edcelos
SETOR DO LABORATÓRIO SER UTILIZADO:	
EQUIPAMENTO A SER UTILIZADO (LISTAR TODOS):	Bloco digestor
REAGENTES E SOLUÇÕES NECESSÁRIAS (LISTAR SUBSTANCIA E QUANTIDADE)	
DATA DE UTILIZAÇÃO:	27/08/24
HORÁRIO DE UTILIZAÇÃO:	09:00

(ASSINATURA DO PROFESSOR SUPERVISOR OU
PROFESSOR RESPONSÁVEL PELO EQUIPAMENTO)

(ASSINATURA DO PROFESSOR ORIENTADOR)
(OBRIGATÓRIO PARA UTILIZAÇÃO FORA DO
HORÁRIO NORMAL DE TRABALHO)

(ASSINATURA DO TÉCNICO)
(SOMENTE PARA OS LABORATÓRIOS DE ENSINO E
EXTENSÃO NO HORÁRIO NORMAL DE TRABALHO)

APÊNDICE C – LISTA DE MATERIAL UTILIZADO

Para o desenvolvimento deste projeto, foram empregados os seguintes componentes de hardware e software:

Hardware:

- Módulo leitor RFID RC522;
- Etiquetas RFID NFC 13,56 MHz;
- Módulo HX711 acoplado a uma célula de carga com capacidade de até 5 kg;
- Raspberry Pi 4 Modelo B;
- Cabos jumper macho-fêmea para interconexão dos módulos;
- Protoboard para montagem e testes do circuito;
- Monitor de 14 polegada para visualização do peso.

Softwares:

- XAMPP, utilizado para hospedagem local e gerenciamento do servidor MySQL;
- PyCharm, IDE destinada ao desenvolvimento e depuração do código em linguagem Python;
- Visual Studio, empregado para edição e ajustes de scripts e interfaces.

APÊNDICE D – LISTA DE PROGRAMAS GERADOS

O desenvolvimento inicial do sistema, voltado para a gestão de estoques laboratoriais, foi realizado por meio de uma interface implementada na linguagem de script PHP (Hypertext Preprocessor), amplamente utilizada, de código aberto e de uso geral, especialmente voltada para aplicações Web. A escolha do PHP fundamentou-se em sua compatibilidade nativa com o banco de dados MySQL e na facilidade de integração com servidores web, o que possibilitou uma comunicação eficiente entre a interface e o sistema de gerenciamento de dados.

Para o processo de desenvolvimento e realização de testes, adotou-se o ambiente integrado XAMPP, que fornece suporte completo ao PHP, MySQL e Apache, permitindo a simulação de um servidor local. Tal configuração viabilizou o desenvolvimento de forma prática e segura, sem a necessidade de um ambiente de produção ativo.

É importante salientar que, nesta etapa inicial, o sistema não contempla a integração com a balança automática nem com o módulo de leitura RFID RC522, funcionalidades estas incorporadas posteriormente no protótipo.

O código-fonte do programa encontra-se disponível em repositório público no GitHub, podendo ser acessado no seguinte endereço:

- <https://github.com/VN3TTO/Programa-Web-PHP.git>

Para o desenvolvimento do sistema de controle de estoque de reagentes químicos, concebido para ser executado em um Raspberry Pi 4 Modelo B, foram incorporadas funcionalidades que visam otimizar o gerenciamento e a rastreabilidade dos insumos laboratoriais. Entre os principais recursos implementados, destacam-se:

- Login seguro, com autenticação por usuário e senha (configuração padrão: admin/admin);
- Cadastro de novos reagentes por meio da leitura de tags RFID, garantindo identificação automática e precisa;
- Requisição de reagentes, com atualização automática do estoque no momento da saída;
- Devolução e ajuste de estoque, utilizando a leitura de peso por meio da balança integrada ao sistema;

- Armazenamento local das informações em um banco de dados SQLite, assegurando a persistência e a integridade dos registros;
- Consulta de estoque em tempo real, permitindo acesso imediato às informações atualizadas;
- Geração de relatórios gerenciais, voltados para o controle e a análise do consumo de reagentes.

O sistema foi desenvolvido na IDE PyCharm, ambiente especializado para programação em Python, possibilitando a implementação e execução local do protótipo. O código-fonte está disponibilizado em repositório público no GitHub, acessível pelo endereço:

- https://github.com/VN3TTO/Projeto_Python-RFID.git

Por fim, foi projetado o terceiro programa, fundamentado na integração de um dos dois programas citado acima que uniu os benefícios de programa em PHP, com foco inicial no registro, requisição e relatórios de reagentes em ambiente *Web*, sem integração com hardware, com implementação de um segundo programa, desenvolvido em Python e executado no Raspberry Pi 4 Modelo B, incorporando funcionalidades essenciais, como a leitura de tags RFID e a integração com a balança automática, que garante a rastreabilidade de cada fracos retirado do estoque e registro no mesmo em banco de dados MySQL.

- <https://github.com/VN3TTO/VN3TTO-LABORATORIO-BROMAT2.0.git>

**APÊNDICE E – PRODUTO TECNOLÓGICO - MANUAL ARTEFATO
TECNOLÓGICO PARA O CONTROLE DE REAGENTES EM LABORATÓRIO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**MANUAL ARTEFATO TECNOLÓGICO PARA O CONTROLE
DE REAGENTES EM LABORATÓRIOS**

Produto Tecnológico Institucional: Universidade Federal de São Carlos – Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção

Orientadores: Professores Dr. Fábio Molina da Silva e Roberto Fernandes Tavares Neto

Discente: Vicente Silva Neto

Dissertação vinculada: DESENVOLVIMENTO DE ARTEFATO TECNOLÓGICO PARA CONTROLE DE ESTOQUE DE REAGENTES EM UM LABORATÓRIO DE BROMATOLOGIA

Data da defesa: 02/10/2025

Instituição beneficiada com a pesquisa: Universidade Federal de Rondonópolis



SUMÁRIO

RESUMO.....	3
1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	4
2 JUSTIFICATIVA.....	5
3 OBJETIVO	5
4 MÉTODO	6
5 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA SOLUÇÃO.....	7
6 INTEGRAÇÃO DO PROTÓTIPO AO SISTEMA DE CONTROLE.....	19
7 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	22



RESUMO

Os laboratórios enfrentam um desafio recorrente: manter o controle preciso de reagentes químicos em ambientes de alta rotatividade, submetidos a normas rigorosas e fiscalizações constantes da Polícia Federal. Falhas nesse processo resultam em desperdício de insumos, desorganização, aumento do risco operacional. Esses fatores impactam diretamente na segurança e na eficiência das atividades de pesquisa. Para enfrentar esse cenário, desenvolvemos o Sistema Inteligente de Controle de Reagentes, uma solução automatizada que transforma a forma como os laboratórios gerenciam seus insumos. A tecnologia combina identificação por radiofrequência (RFID) e pesagem eletrônica automatizada, permitindo o rastreamento individual de cada reagente e o monitoramento em tempo real de seu consumo. Na prática, isso significa que cada reagente passa a ter uma “identidade digital”, o que garante controle total sobre o ciclo de vida do material, desde a entrada no almoxarifado até a sua utilização. O sistema aplica automaticamente o critério FIFO (First In, First Out), assegurando que os reagentes sejam utilizados em ordem de validade e reduzindo perdas por vencimento. O grande diferencial dessa tecnologia está na integração entre automação, baixo custo e facilidade de uso. Baseado em software livre e componentes acessíveis, replicável e de rápida implementação, dispensando treinamentos extensos e operacional desde o primeiro uso. Além de melhorar a rastreabilidade e a precisão dos registros, a solução fortalece a governança dos estoques, gera relatórios automáticos para auditorias e apoia a conformidade com exigências legais e ambientais. O resultado é uma gestão mais segura, sustentável e eficiente. Estamos prontos para levar essa inovação ao próximo nível, conectando universidades, centros de pesquisa e parceiros tecnológicos em uma rede de laboratórios inteligentes e sustentáveis.

Palavras-chave: Controle de estoque, Reagentes Químicos, Design Science Research (DSR), RFID (Identificação por Radiofrequência)



1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O controle de reagentes químicos nas instituições de pesquisa vai muito além da organização interna e se trata de uma exigência legal e de segurança nacional. De acordo com a Lei nº 10.357/2001, toda instituição que adquire e utiliza produtos químicos controlados deve possuir licença junto à Polícia Federal, cadastrar um responsável jurídico e operar por meio do Sistema de Controle e Fiscalização de Produtos Químicos (SIPROQUIM).

Nesse ambiente regulatório, o “operador autorizado” é responsável por emitir as autorizações e certificados que viabilizam a compra dos reagentes. Além disso, precisa prestar contas mensalmente sobre o consumo e o destino de cada substância, informando inclusive se foi utilizada, descartada ou transformada em produto final.

A cada ano, a Polícia Federal pode realizar inspeções presenciais e exigir relatórios detalhados sobre estoque, movimentações internas e condições de armazenamento. Embora esse modelo assegure o controle legal, ele ainda depende fortemente de processos manuais e registros dispersos, o que eleva o risco de falhas, atrasos e inconsistências nas informações.

Laboratórios especialmente aqueles que realizam análises físico-químicas e contam com alto número de usuários e enfrentam um cenário de rotatividade de funcionários e diversidade de procedimentos, torna o controle tradicional ineficiente e vulnerável.

Para enfrentar esse desafio, desenvolvemos uma solução tecnológica inteligente que automatiza todo o processo de gestão de reagentes, desde o armazenamento até o consumo. O sistema realiza o rastreamento em tempo real da retirada dos reagentes do almoxarifado, monitora o consumo, a finalidade de uso, identifica quem utilizou cada insumo.

Essa automação reduz significativamente o esforço administrativo, melhora a precisão dos registros e fortalece a transparência e a segurança operacional. Além disso, o sistema cria um histórico digital de consumo, que apoia decisões futuras de aquisição, otimiza estoques com uma ótima ferramenta para garantir maior eficiência no uso dos recursos financeiros.

Em resumo, esta inovação representa um salto estratégico na governança laboratorial: transforma um processo burocrático e suscetível a erros em um modelo



automatizado, rastreável e sustentável, pronto para atender às exigências regulatórias e elevar o padrão de gestão nas instituições de pesquisa.

2 JUSTIFICATIVA

O controle de reagentes químicos é um ponto crítico para a continuidade das atividades de laboratório. Esses insumos são essenciais para o funcionamento diário e demandam uma gestão rigorosa, capaz de equilibrar eficiência operacional, segurança e conformidade legal.

Entretanto, a realidade de muitas instituições revela um cenário desafiador: processos burocráticos, ausência de sistemas integrados. Esse desequilíbrio gera desperdícios, custos desnecessários e riscos à rastreabilidade dos materiais.

Com uma análise prática deste cenário foi possível identificar que a falta de precisão no controle de reagentes compromete diretamente o planejamento das atividades laboratoriais e o uso eficiente dos recursos financeiros. Essa vivência inspirou o desenvolvimento de uma solução tecnológica que simplifica, automatiza e moderniza a gestão de estoques laboratoriais.

Considerando as exigências legais, torna-se estratégico adotar ferramentas que promovam gestão inteligente de insumos, assegurando que os reagentes estejam sempre disponíveis, dentro do prazo de validade e em quantidades adequadas.

Os resultados deste projeto oferecem um novo padrão de controle: um sistema baseado em tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência), integrado a um banco de dados automatizado, capaz de registrar de forma instantânea quem utilizou cada reagente, quando foi retirado e para qual finalidade.

Essa rastreabilidade total viabiliza relatórios automáticos, suporte a auditorias, planejamento de compras e análise de consumo por período, tornando o processo rápido, preciso e confiável.

3 OBJETIVO

O objetivo deste projeto foi desenvolver um sistema inteligente e automatizado para o controle de estoques de reagentes químicos, capaz de transformar um



processo antes manual e suscetível a falhas em uma operação precisa, rastreável e eficiente.

Uma solução que permite monitorar as etapas do ciclo de uso dos reagentes da entrada no estoque até a retirada do almoxarifado, com registro automático de data, horário, responsável, consumo, finalidade de uso e a necessidade de reposição.

Esta inovação representa um salto na gestão laboratorial, com eficiência operacional, rastreabilidade total e conformidade com as exigências legais pilares essenciais para uma administração moderna e sustentável.

4 MÉTODO

Este projeto nasceu da necessidade de compreender e solucionar as fragilidades operacionais no controle de estoques e as demandas específicas de um laboratório. Antes de propor qualquer tecnologia, foi essencial mapear as práticas existentes, identificar gargalos nos processos e entender as dificuldades enfrentadas pelas pessoas no uso diário dos reagentes.

Para garantir que a solução fosse efetiva e aplicável à realidade das instituições, adotou a metodologia Design Science Research (DSR) um modelo reconhecido por unir rigor científico e aplicabilidade prática.

Essa abordagem permitiu estruturar o desenvolvimento do sistema a partir de problemas reais, com foco em gerar um protótipo funcional que agregasse valor direto à gestão laboratorial. O DSR se destaca por promover a criação e avaliação de artefatos tecnológicos, como sistemas, processos e modelos organizacionais, que resolvem desafios concretos, conforme o Quadro 1 apresenta as etapas seguidas.

QUADRO 1 - FASES DO DSR

Etapas da DSR	Descrição dos procedimentos
Identificação do Problema e motivação	Foram mapeadas as principais fragilidades no controle de reagentes e estoques laboratoriais, considerando o ambiente institucional e as exigências legais. A partir disso, definiram-se as métricas de desempenho que orientariam o sucesso da solução, como rastreabilidade, confiabilidade e redução de perdas.



Sugestão ou Definição dos Objetivos da Solução	Nesta fase, foram estabelecidos os requisitos funcionais e operacionais do sistema, registrando-se diferentes alternativas de desenvolvimento e as razões técnicas que levaram à escolha final do modelo implementado.
Design e Desenvolvimento do Artefato	Etapa dedicada à seleção das ferramentas tecnológicas e à construção do protótipo funcional. Aqui, integraram-se tecnologias como RFID, sensores de pesagem e microcontrolador, compondo a base do sistema automatizado.
Demonstração	O sistema foi aplicado em ambiente real de laboratório, permitiu verificar sua funcionalidade, usabilidade e capacidade de resolver o problema identificado. Essa fase consolidou a validação técnica do artefato.
Avaliação	Foram analisados os resultados obtidos com o uso do sistema, destacando os indicadores de desempenho alcançados, as limitações observadas e as melhorias aplicadas para otimização da solução.
Comunicação	Os resultados foram documentados, analisados e divulgados por meio da dissertação e da publicação do artefato tecnológico, que garantiu a disseminação do conhecimento e a replicabilidade do sistema em outras instituições.

Fonte: Autoria própria, 2025. (Adaptado de Dresh, 2013; Lacerda et al., 2013)

5 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA SOLUÇÃO

O registro dos dados no controle de estoque é essencial para garantir a gestão eficiente dos insumos utilizados no laboratório. Para o controle de estoque, iniciou-se pela criação do banco de dados, com o objetivo de armazenar de forma estruturada e segura os registros de entrada e saída dos reagentes químicos, conforme apresentado na Figura 1.



FIGURA 1 - DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO (DER)



Fonte: Autoria própria, 2025.

A tabela Requisição é responsável por registrar os pedidos de utilização de reagentes e insumos laboratoriais. Ela inclui informações essenciais, como: a data de emissão (preenchida automaticamente), a data prevista para a reserva, os nomes do requerente, o colaborador responsável, o tipo de requisição (classificado como "Experimento" ou "Produto") e o e-mail de contato do responsável pela separação do material.

Para registrar os produtos efetivamente solicitados em cada requisição, utiliza-se a tabela Requisição Experimento, cuja principal função é vincular os produtos aos respectivos pedidos. Isso é feito por meio de uma chave composta que permite o registro detalhado das quantidades solicitadas, com especificação precisa por unidade (como gramas ou mililitros), o que fornece um controle do consumo de reagentes em cada experimento.

Outro controle é realizado por meio da tabela Requisição Produto Frasco, a qual especifica que, para cada produto requisitado, o frasco deve ser retirado em sua totalidade, indicando os frascos solicitados e a quantidade.

Os produtos armazenados são fisicamente representados pelo nome de frascos, cujas informações são mantidas na tabela Frascos. Cada item é identificado por um código único de cadastro e está vinculado a um produto. Outras informações são registradas como a quantidade total, quantidade disponível, código RFID, localização física e a data de validade.

A tabela Produto contém informações detalhadas sobre os produtos utilizados no laboratório, incluindo nome, fórmula química (quando aplicável) e a unidade de medida. A unidade de medida é referenciada na tabela Unidades Medida, que é responsável pelo armazenamento das unidades utilizadas na quantificação dos produtos cadastrados.



A tabela Fornecedor registra os dados dos fornecedores de reagentes, sendo que cada fornecedor possui um código identificador, que corresponde ao seu nome.

A estrutura deste banco de dados foi concebida para garantir integridade referencial, rastreabilidade das informações e eficiência no gerenciamento dos produtos químicos. Dessa forma, o sistema facilita o controle adequado das atividades realizadas no laboratório, de forma que todas as informações sejam acessadas de maneira rápida e organizada, favorecendo o bom gerenciamento das operações laboratoriais em uma instituição.

A Figura 2 apresenta a interface de entrada do sistema, por meio da qual o responsável pode realizar o login e acessar as funcionalidades disponíveis, apenas usuários autorizados podem ter acesso ao sistema de controle de estoque do laboratório.

FIGURA 2- TELA INICIAL DO PROGRAMA

The image shows a login interface for a system titled "Laboratorio Sistema de Controle de Reagentes". It features a "Usuário" field containing "admin" and a "Senha" field with masked characters. A blue "Entrar" button is located at the bottom of the form.

Fonte: A autoria própria, 2025.

Ao acessar o sistema, o usuário é direcionado ao Painel de Controle, conforme Figura 3. Essa interface inicial oferece uma visão geral do estado atual do estoque, reunindo informações essenciais de forma clara e objetiva, o que facilita a tomada de decisões rápidas e bem fundamentadas.

Entre os dados apresentados no painel estão:

- O total de produtos atualmente em estoque;
- A quantidade de frascos disponíveis;
- O número de frascos vencidos;
- O total de requisições pendentes;
- Os reagentes com nível crítico ou baixo no estoque;
- E as próximas requisições programadas.



Essa estrutura de informação facilita a tomada de decisão e permite que o responsável tenha, em poucos segundos, um panorama completo da situação dos insumos laboratoriais.

FIGURA 3 - PAINEL DE CONTROLE



Fonte: Autoria própria, 2025.

No menu lateral do sistema, o ícone "Cadastros" oferece acesso a uma série de funcionalidades essenciais para o gerenciamento do estoque, como o cadastro de produtos, fornecedores e unidades de medida. Esses dados são fundamentais para o funcionamento do sistema, permitindo o cadastro preciso dos frascos de reagentes, que são os recipientes físicos nos quais as etiquetas RFID serão aplicadas para facilitar a identificação e o rastreamento automatizado.

No módulo "Gerenciador Frascos" apresentado na Figura 4, são apresentadas informações detalhadas sobre cada frasco de reagente. Essas informações incluem:

- **Código** (gerado automaticamente conforme a ordem de cadastro);
- **Quantidade total** (estoque total disponível);
- **Quantidade disponível** (levando em consideração as reservas feitas);
- **Fornecedor** (empresa responsável pelo fornecimento do reagente);
- **Código RFID** (identificador único associado ao frasco);
- **Data de validade** (informações sobre a validade do produto);
- **Situação atual** (status do frasco, como "Em uso", "Reservado", ou "Em estoque").

A diferença entre a quantidade total e a quantidade disponível ocorre devido ao processo de reserva automático que o sistema realiza quando uma solicitação é feita. Quando um pedido é registrado, o sistema separa automaticamente a quantidade solicitada, atualizando o estoque em tempo real.



FIGURA 4- GERENCIADOR FRASCOS

Código	Produto	Qtde Total	Qtde Disponível	Fornecedor	RFID	Validade	Situação	Ações
4	Ácido Clorídrico	500,00 L	0,00 L	Sigma-Aldrich	654321	06/2025	Usado	
6	Ácido Sulfúrico	1.000,00 L	900,00 L	Merck	253614	03/2026	Disponível	
3	Álcool Etílico	1.000,00 L	800,00 L	Dinâmica	635241	12/2025	Disponível	
1	Álcool Etílico	1,00 L	0,50 L	Dinâmica	123456	02/2025	Usado	
2	Álcool Etílico	0,20 L	0,20 L	Dinâmica	7870813	06/2023	Disponível	
8	Antona	1,00 g	0,00 g	Dinâmica	78732213	05/2025	Usado	
7	Cloreto de Sódio	1.000,00 g	750,00 g	Vetec Química	7870000	08/2025	Disponível	
5	Hidróxido de Sódio	2.000,00 g	1.500,00 g	Dinâmica	987654	09/2025	Disponível	

Fonte: Autoria própria, 2025.

No menu lateral do sistema, também se encontra o ícone “Requisições”, que é dividido em dois módulos: “Requisição para Experimento” e “Requisição de Produtos”.

No módulo “Requisição para Experimento” apresentado na Figura 5, são inseridas informações como:

- **Nome do solicitante;**
- **Professor responsável;**
- **Data do experimento;**
- **E-mail de contato.**

Logo abaixo, o sistema permite ao usuário selecionar os reagentes desejados e indicar a quantidade necessária, com opções de medida em mililitros (ml) ou gramas (g), conforme a natureza do insumo requisitado.

Já no módulo de “Requisição de Produtos” conforme ilustrado na Figura 6 o processo é semelhante, com a inserção de informações como nome do solicitante, professor responsável e e-mail do responsável pela separação do material. A principal diferença neste módulo é que, ao requisitar um produto, o sistema assume que o frasco será retirado em sua totalidade, ou seja, o recipiente será consumido por completo. Dessa forma, o estoque é automaticamente atualizado para refletir essa retirada integral do produto.

Essa separação entre os dois tipos de requisição adequa o controle às diferentes rotinas do laboratório.

FIGURA 4- GERENCIADOR FRASCOS

Produto	Fórmula	Unidade	Quantidade
<input type="checkbox"/> Ácido Sulfúrico	H2SO4	L	Quantidade
<input type="checkbox"/> Álcool Etílico	C2H2O4	L	Quantidade
<input type="checkbox"/> Cloreto de Sódio	NaCl	g	Quantidade
<input type="checkbox"/> Hidróxido de Sódio	NaOH	g	Quantidade

Fonte: Autoria própria, 2025.



FIGURA 6 – REQUISIÇÃO DE PRODUTOS

Produto	Fórmula	Unidade	Quantidade
<input type="checkbox"/> Ácido Sulfúrico	H2SO4	L	Quantidade
<input type="checkbox"/> Álcool Etílico	C2H5OH	L	Quantidade
<input type="checkbox"/> Cloreto de Sódio	NaCl	g	Quantidade
<input type="checkbox"/> Hidróxido de Sódio	NaOH	g	Quantidade

Fonte: A autoria própria, 2025.

Ao selecionar a opção “Listar Todas”, o sistema apresenta todas as requisições registradas, que permite a aplicação dos filtros, como status e tipo, a fim de refinar a consulta conforme o critério desejado pelo usuário, conforme a Figura 7.

FIGURA 7– LISTA DE TODAS AS REQUISIÇÕES

Código	Data	Requerente	Professor	Tipo	Status	Produtos	Ações
8	08/08/2025	Vicente Neto	Fábio	Produto	Finalizado	1	Detalhes
7	08/08/2025	Vicente Neto	Fábio	Experimento	Finalizado	1	Detalhes
1	01/08/2025	Vicente Neto	Fábio	Experimento	Finalizado	1	Detalhes

Fonte: A autoria própria, 2025.

Na guia "Devoluções", são exibidas as requisições disponíveis para a devolução. O usuário deve selecionar a requisição e clicar na opção “Processar Devolução” para dar continuidade ao procedimento, conforme Figura 8.

FIGURA 8 – DEVOLUÇÕES DE REAGENTES

ID	Data	Requerente	Professor	Produtos	Status	Ações
8	08/08/2025 16:18	Vicente Neto	Fábio	Ácido Clorídrico (450,00 L)	Disponível	Processar Devolução
7	08/08/2025 16:16	Vicente Neto	Fábio	Antona (1,00 g)	Disponível	Processar Devolução

Data	Requisição	Requerente	Produto	Peso Devolvido	Responsável
01/08/2025 08:06	#1	Vicente Neto	Álcool Etílico	0,200 L	admin

Fonte: A autoria própria, 2025.



A Figura 9 apresenta o módulo de “Devoluções” que permite dois modos de identificação do produto a ser devolvido. O primeiro consiste em posicionar o frasco com a etiqueta RFID no módulo leitor RC522, que realiza a leitura do código e possibilita ao sistema recuperar automaticamente todas as informações vinculadas àquele frasco, habilitando, em seguida, o processo de pesagem. O segundo modo ocorre por meio da seleção manual do produto a ser devolvido no sistema, para então iniciar a etapa de pesagem.

Após a identificação, o frasco é colocado sobre a balança integrada ao sistema, e o usuário aciona a função "Obter da Balança", de modo que o sistema registre o peso aferido naquele momento e atualize automaticamente o estoque, vinculando-o ao frasco identificado.

Esse módulo atua como um mecanismo de controle de sobra de material não utilizado durante o experimento, que permite confrontar a quantidade inicial requisitada com aquela efetivamente consumida

FIGURA 9 – PESAGEM DE PRODUTO

Fonte: Autoria própria, 2025.

No menu lateral do sistema, há também o ícone de “Relatórios”, que é dividido em dois módulos: “Relatório de Estoque” e “Relatório de Consumo”.

No “Relatório de Estoque” conforme a Figura 10, o sistema disponibiliza diversos filtros que facilitam o gerenciamento e a análise dos insumos armazenados. Entre os filtros disponíveis estão:

- **Produtos vencidos** (para identificar reagentes fora do prazo de validade);
- **Unidade de medida** (para organizar os itens por sua unidade de quantificação);
- **Ordem alfabética** (para facilitar a busca por produtos);
- **Fornecedores** (permitindo agrupar os reagentes conforme o fornecedor);
- **Quantidade disponível** (visualização das quantidades ante de cada produto em estoque).

Esses filtros permitem que o que se tenha uma visualização mais estratégica e organizada das condições atuais do estoque, evitando problemas como o desperdício de reagentes ou a falta de insumos essenciais.



FIGURA 10 – RELATÓRIO DE ESTOQUE

Código	Produto	Fórmula	Fornecedor	RFID	Qtd. Total	Qtd. Disponível	Unidade	Validade	Situação
3	Acetato de Etila	C4H8O2	Dinâmica	22222	3,00	2,00	L	11/2011	Disponível
5	Acetato de Potássio	CH3CO2K	Cromoline	33333	2,00	0,00	g	03/2015	Valido
6	Acetato de Sódio Trihidratado	C2H3NaO2	Neon	11111	2,00	2,00	g	04/2023	Disponível

Fonte: Autoria própria, 2025.

No Relatório de Consumo conforme a Figura 11, o sistema disponibiliza filtros que permitem uma análise detalhada do uso dos insumos durante um período específico. O usuário pode definir uma data inicial e uma data final para a análise, além de selecionar um produto específico para verificar seu consumo. O relatório apresenta informações detalhadas sobre o uso dos insumos, incluindo: data da requisição, nome do solicitante, tipo de requisição (produto ou experimento), fórmula e quantidade utilizada.

FIGURA 11 – RELATÓRIO DE CONSUMO

Requisição	Data	Solicitante	Tipo	Produto	Fórmula	Quantidade	Unidade
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Acetato de Potássio	CH3CO2K	2,00	g
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Antrona	C14H10O	1,00	g
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Acetato de Etila	C4H8O2	1,00	L
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Benzeno	C6H6	0,20	L

Fonte: Autoria própria, 2025.

Com esses dados, o sistema possibilita identificar padrões de consumo dos reagentes ao longo do tempo, contribuindo para um planejamento mais eficiente e estratégico. Além disso, facilita o rastreamento das atividades realizadas no laboratório, contribuindo para um controle transparente na gestão dos insumos laboratoriais.

Para atender as requisições deve clicar na opção “Atender”, conforme Figura 12 o usuário é direcionado para a tela interna da requisição, onde é possível visualizar os detalhes da solicitação e realizar o atendimento de forma controlada. Nessa interface, o próprio sistema sinaliza automaticamente o frasco do reagente com a data de validade mais próxima do vencimento, priorizando o princípio de rotatividade de estoque.



Além disso, é possível especificar a quantidade exata que será separada e disponibilizada para o atendimento da demanda, seja em gramas ou mililitros, conforme o tipo de reagente. Essa funcionalidade contribui para a precisão no controle de consumo e garante que os insumos mais antigos sejam utilizados primeiro.

FIGURA 12– REQUISIÇÕES DE EXPERIMENTOS

Código	Data	Requerente	Professor	Tipo	Status	Produtos	Ações
4	14/05/2025	Vicente neto	Fábio Molina	Experimento	Pendente	4	Detalhes, Atender
3	14/05/2025	Vicente neto	Fábio Molina	Experimento	Pendente	3	Detalhes, Atender

Fonte: Autoria própria, 2025.

A Figura 13 ilustra essa etapa do processo, demonstrando a interface de atendimento da requisição, com destaque para os campos de seleção do reagente, data de validade e quantidade a ser despachada.

FIGURA 13 – ATENDENDO REQUISIÇÃO PARA EXPERIMENTO

Informações da Requisição

Requerente: Vicente neto
Professor: Fábio Molina
E-mail: vicente.neto@ufscar.br

Data da Solicitação: 14/05/2025
Data do Experimento: 14/05/2025
Tipo de Requisição: Experimento

Atender Produtos

Acetato de Sódio Trihidratado - C2H3NaO2

Quantidade Solicitada: 200,00 g

Quantidade a Retirar: 2

Seleção de Frasco para Retirada

Frasco #6 - Neon - Disponível: 2,00 g - Val: 04/2023

Fonte: Autoria própria, 2025.

Nas requisições de produtos (FIGURA 14), a principal diferença em relação à requisição para experimento está no formato da retirada, nesse caso a solicitação se refere ao frasco completo do reagente, não sendo permitida sua fragmentação.

Esse tipo de requisição é aplicado quando há a necessidade de utilização integral do produto. Ao registrar esse tipo de saída, o sistema identifica automaticamente que o frasco será totalmente removido do estoque, atualizando a quantidade disponível de forma imediata.

A limitação respeita a lógica do sistema, que impede a liberação de quantidades superiores às registradas no banco de dados, assegurando controle e das fidelidades das informações.



FIGURA 14– ATENDENDO REQUISIÇÃO DE PRODUTO

Atender Requisição #5 ← Voltar

Informações da Requisição

Requerente: Vicente neto Data de Solicitação: 14/05/2025
 Professor: Fábio Molina Tipo de Requisição: **Produto**
 E-mail: vicente.neto@ufsc.br

Atender Produtos

Verde de Bromocresol - C21H14Br4O5S

Quantidade Solicitada: 3,00 g Selecione o frasco para retirada
 Frasco #184 - NaOH - Disponível: 2,00 g - Val: 11/2019

Quantidade a Retirar:

Máximo conforme frasco selecionado

Fonte: Autoria própria, 2025.

Este programa é possível emitir dos relatórios de consumo, conforme ilustrado nas Figuras 15 e 16, bem como a visualização do status de estoque, seja em situação de indisponibilidade (estoque vazio – Figura 17) ou de estoque disponível (Figura 18).

Esses recursos reforçam a confiabilidade do sistema no monitoramento dos insumos laboratoriais.

FIGURA 15– RELATÓRIO DE CONSUMO COMPLETO

Resultados para o período: 01/04/2025 a 31/05/2025

Requisição	Data	Solicitante	Tipo	Produto	Fórmula	Quantidade	Unidade
5	14/05/2025	Vicente neto	Produto	Verde de Bromocresol	C21H14Br4O5S	2,00	g
5	14/05/2025	Vicente neto	Produto	Vermelho de Metila	C15H15N3O2	1,00	g
5	14/05/2025	Vicente neto	Produto	Xileno (Xilol)	C8H10	2,00	L
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Acetato de Sódio Trihidratado	C2H3NaO2	1,00	g
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Cítrico	C6H8O7	6,00	g
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Álcool Etilico	C2H6O	5,00	L
4	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Hidróxido de Sódio	NaOH	0,80	g
3	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Maleico	C4H4O4	0,25	g
3	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Nítrico	HNO3	3,00	L
3	14/05/2025	Vicente neto	Experimento	Ácido Oxálico Cristal	C2H2O4	0,80	g
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Acetato de Potássio	CH3CO2K	2,00	g
2	29/04/2025	Vicente neto	Produto	Antrona	C14H10O	1,00	g
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Acetato de Etila	C4H8O2	1,00	L
1	29/04/2025	Vicente neto	Experimento	Benzeno	C6H6	0,20	L

Fonte: Autoria própria, 2025.

FIGURA 16 – RELATÓRIO DE CONSUMO POR PRODUTO

Resumo de Consumo por Produto

Produto	Quantidade Total	Unidade
Verde de Bromocresol	2,00	g
Vermelho de Metila	1,00	g
Xileno (Xilol)	2,00	L
Acetato de Sódio Trihidratado	1,00	g
Ácido Cítrico	6,00	g
Álcool Etilico	5,00	L
Hidróxido de Sódio	0,80	g
Ácido Maleico	0,25	g
Ácido Nítrico	3,00	L
Ácido Oxálico Cristal	0,80	g
Acetato de Potássio	2,00	g
Antrona	1,00	g
Acetato de Etila	1,00	L
Benzeno	0,20	L

Fonte: Autoria própria, 2025.



FIGURA 17 – RELATÓRIO DE ESTOQUE VAZIO

Situação Atual do Estoque									
Código	Produto	Fórmula	Fornecedor	RFID	Qtd. Total	Qtd. Disponível	Unidade	Validade	Situação
5	Acetato de Potássio	CH3CO2K	Cromoline	33333	2,00	0,00	g	03/2015	Vazio
6	Acetato de Sódio Trihidratado	C2H3NaO2	Neon	11111	2,00	1,00	g	04/2023	Vazio
13	Ácido Cítrico	C6H8O7	Neon		8,00	2,00	g	01/2024	Vazio
17	Ácido Nítrico	HNO3	Synth		3,00	0,00	L	06/2018	Vazio
1	Antrona	C14H10O	Cromoline		1,00	0,00	g	04/0215	Vazio
114	Verde de Bromocresol	C21H14Br4O5S	Neon		2,00	0,00	g	11/2019	Vazio

Resumo de Estoque por Produto			
Produto	Quantidade Total	Quantidade Disponível	Unidade
Acetato de Potássio	2,00	0,00	g
Acetato de Sódio Trihidratado	2,00	1,00	g
Ácido Cítrico	8,00	2,00	g
Ácido Nítrico	3,00	0,00	L
Antrona	1,00	0,00	g
Verde de Bromocresol	2,00	0,00	g

Fonte: Autoria própria, 2025.

FIGURA 18– RELATÓRIO ESTOQUE DISPONÍVEL

Situação Atual do Estoque									
Código	Produto	Fórmula	Fornecedor	RFID	Qtd. Total	Qtd. Disponível	Unidade	Validade	Situação
3	Acetato de Etila	C4H8O2	Dinâmica	22222	3,00	2,00	L	11/2011	Disponível
8	Acetona	C3H6O	Neon	54321	1,00	1,00	L	02/2024	Disponível
7	Acetona	C3H6O	Emsure	22111	2,00	2,00	L	06/2024	Disponível
9	Ácido Acético	CH3COOH	Neon		13,00	13,00	L	09/2021	Disponível
10	Ácido Bórico	H3BO3	CRQ		25,00	25,00	L	04/2021	Disponível
11	Ácido Bórico	H3BO3	Neon		7,00	7,00	L	11/2024	Disponível
14	Ácido Clorídrico	HCL	Neon		18,00	18,00	L	01/2019	Disponível
15	Ácido L-(+) - Lático	C3H6O3	Neon		1,00	1,00	L	01/2024	Disponível
16	Ácido Maleico	C4H4O4	Dinâmica		1,00	0,75	g	12/2021	Disponível
18	Ácido Nítrico	HNO3	Éxodo Científica		3,00	3,00	L	03/2021	Disponível
20	Ácido Orto-Fosforico 85%	H3PO4	Anidrol		5,00	5,00	L	04/2021	Disponível
19	Ácido Orto-Fosforico 85%	H3PO4	Neon		4,00	4,00	L	11/2021	Disponível
22	Ácido Oxálico Cristal	C2H2O4	Cromoline		2,00	2,00	g	01/2014	Disponível

Fonte: Autoria própria, 2025.

6 INTEGRAÇÃO DO PROTÓTIPO AO SISTEMA DE CONTROLE

O protótipo desenvolvido tem como finalidade automatizar a identificação e o controle dos reagentes laboratoriais por meio da tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID). O sistema realiza a leitura das etiquetas RFID em a cada reagente, que permite sua identificação imediata no momento da retirada ou devolução ao almoxarifado.



Além da identificação, o protótipo é capaz de efetuar a pesagem dos insumos, utilizando um módulo de célula de carga integrado ao circuito principal. Os valores de pesagem obtidos são automaticamente registrados no banco de dados, onde são cruzados com as informações de identificação do reagente.

Para o desenvolvimento deste projeto, foram empregados os seguintes componentes de hardware e software:

Hardware:

- Módulo leitor RFID RC522;
- Etiquetas RFID NFC 13,56 mHz;
- Módulo HX711 acoplado a uma célula de carga com capacidade de até 5 kg;
- Raspberry Pi 4 Modelo B;
- Cabos jumper macho-fêmea para interconexão dos módulos;
- Protoboard para montagem e testes do circuito;
- Monitor de 14 polegada para visualização do peso.

Softwares:

- XAMPP, utilizado para hospedagem local e gerenciamento do servidor MySQL;
- PyCharm, IDE destinada ao desenvolvimento e depuração do código em linguagem Python;
- Visual Studio, empregado para edição e ajustes de scripts e interfaces.

O programa foi desenvolvido e projetado com base na integração entre hardware e software, incorporando funcionalidades essenciais como a leitura das etiquetas RFID e a sincronização com o módulo de pesagem automática. Essa integração permite garantir a rastreabilidade individual de cada frasco de reagente, registrando automaticamente as informações de entrada, retirada e peso diretamente no banco de dados.

Dessa forma, o sistema assegura maior precisão, confiabilidade e transparência no controle de estoques laboratoriais, além de reduzir a necessidade de registros manuais** e o risco de inconsistências nos dados.

- <https://github.com/VN3TTO/VN3TTO-LABORATORIO-BROMAT2.0.git>



7 CONCLUSÃO

O presente projeto apresentou uma proposta para a gestão de estoques de reagentes químicos em laboratório, com o objetivo de atender às exigências regulatórias exercidas pela Polícia Federal e garantir a segurança, a rastreabilidade e a disponibilidade contínua de insumos críticos.

O artefato desenvolvido consiste em um protótipo funcional que integra duas tecnologias principais: a Identificação por Radiofrequência (RFID), que corresponde a identificação única de cada frasco de reagente, e um sistema de pesagem automatizado, capaz de registrar com precisão o volume retirado ou devolvido. Além disso, a interface gráfica desenvolvida possibilitou a execução das operações essenciais de controle de estoque, consulta e geração de relatórios de forma prática e acessível.

Os resultados obtidos demonstram o êxito na concepção e implementação do artefato, evidenciando seu potencial para aprimorar a eficiência operacional e a conformidade regulatória em laboratórios.

Conclui-se, portanto, que o sistema proposto representa uma solução viável, replicável e alinhada às demandas atuais de modernização e sustentabilidade na gestão de reagentes laboratoriais, contribuindo para um ambiente mais seguro, eficiente e tecnicamente avançado.



REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 10.357, de 27 de dezembro de 2001. Estabelece normas de controle e fiscalização sobre produtos químicos que direta ou indiretamente possam ser destinados à elaboração ilícita de substâncias entorpecentes, psicotrópicas ou que determinem dependência física ou psíquica, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10357.htm. Acesso em: 19 nov. 2023.

DRESCH, A.; Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção. Dissertação; UNISINOS; 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V A. Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-book. pág.112. ISBN 9788582605530. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582605530/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

