

SISTEMA PARA GERENCIAMENTO E RASTREABILIDADE DE FERRAMENTAS DE USINAGEM NO CHÃO DE FÁBRICA DE INDÚSTRIAS DO SETOR METALMECÂNICO COM TECNOLOGIA QR-CODE

Rômulo Ramos de Siqueira¹

Resumo: Este artigo tem o objetivo de apresentar o embasamento teórico e solução para problemas decorrentes de empresas do setor metal-mecânico, como furos de estoque, paradas de máquinas, e estoque obsoleto, problemas advindos da falta de controle e rastreabilidade da utilização desses consumíveis no setor industrial. A partir da análise de melhoria dos processos de requisição de consumíveis, é sugerido o controle via *QR Code*, plataforma *web* e aplicativo *mobile*. O aplicativo desenvolvido coleta dados das requisições feitas pelos operadores e responsáveis, e os direciona para uma plataforma *web*, indicando o setor que tais consumíveis foram alocados, gerando a criação de um banco de dados advindos do histórico de movimentações. Com a realização da pesquisa científica, de mercado e implementação do protótipo com uma empresa parceira, validou-se o problema juntamente com a meta de aprimorar e ajustar o protótipo de acordo com a realidade e necessidade de aplicação.

Palavras-chave: Rastreabilidade, consumíveis, indústria, metal-mecânico, QR Code, aplicativo *mobile*.

ABSTRACT: This article aims to present the theoretical foundation and solution for issues arising within metal-mechanic sector companies, such as stock shortages, machine stoppages, and obsolete inventory, problems stemming from the lack of control and traceability of the usage of these consumables in the industrial sector. From the analysis of improvements in the consumable requisition processes, it is suggested to employ QR-Code tracking and mobile application controls. The developed application collects data from the requisitions made by operators and supervisors, and directs them to a web platform, indicating the sector where such consumables were allocated, leading to the creation of a database derived from the history of transactions. Through the undertaking of scientific and market research, and the prototype

¹ Rômulo Ramos de Siqueira. romulo.rps@hotmail.com.

implementation with a partner company, the issue was validated, together with the goal of refining and adjusting the prototype in line with the actual application needs and requirements.

Keywords: Traceability, Consumables, Industry, Metal-mechanic, QR Code, Mobile application.

1 INTRODUÇÃO

A usinagem é um processo destinado a moldar materiais brutos pela remoção progressiva do material em excesso para alcançar o formato desejado. Item indispensável para este processo são as ferramentas de corte, como brocas, machos, fresas e insertos, que são empregadas em operações específicas, possibilitando intervenções precisas em diferentes dimensões, geometrias e angulações.

Na indústria metal mecânica, um almoxarifado centralizado é frequentemente responsável pelo armazenamento dessas ferramentas. Tais ferramentas, comumente, possuem códigos de identificação para fácil acesso. Quando um operador de máquina necessita de uma determinada ferramenta, ele se dirige ao almoxarifado para solicitá-la. Em muitos casos, o registro de saída dessas ferramentas é feito de forma manual, especialmente em empresas de pequeno a médio porte.

Contudo, esta abordagem apresenta várias falhas de eficiência. Entre elas, destacam-se a manutenção de estoques excessivos, presença de itens obsoletos devido à gestão inadequada, interrupções na produção devido à falta de ferramentas e gestão inadequada do descarte de ferramentas. Estas ineficiências não apenas oneram o processo, mas também aumentam o custo do produto. Uma abordagem sistemática, conhecida como Gerenciamento de Ferramentas, é essencial para contornar essas questões.

Uma análise do segmento industrial revela que muitas empresas ainda adotem as práticas tradicionais de gestão. Com o crescimento da demanda e a busca por eficiência, tais práticas tornam-se obsoletas e problemáticas, culminando em gargalos operacionais, como o tempo dispendido por um operador apenas para localizar uma ferramenta. Além disso, a falta de *expertise* interna e restrições orçamentárias para contratação de consultorias especializadas representam barreiras adicionais.

Este trabalho visa propor um estudo científico e solução inovadora para essa problemática. A ideia central é desenvolver um sistema (plataforma + aplicativo) com a funcionalidade em *QR code* para a rastreabilidade e gestão das ferramentas de usinagem. Esta solução se baseará em uma análise detalhada dos processos e necessidades específicas da indústria, bem como a implantação da solução proposta, com o objetivo de maximizar a eficiência na linha de produção e evitar problemas advindos dos processos manuais de gestão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem o objetivo de apresentar argumentos teóricos que fundamentam o objetivo deste trabalho, demonstrando estudos e dados anteriormente experimentados e identificados, tais artigos, ajudam a comprovar a existência do problema e da necessidade dentro das indústrias.

Além disso, a investigação teórica desempenha um papel significativo na construção de uma ponte entre a lacuna identificada nas práticas atuais das indústrias e o conhecimento acadêmico consolidado. Este alicerce proporciona uma visão abrangente das metodologias, princípios e teorias que são aplicáveis ao problema em foco, permitindo uma análise crítica e uma síntese de ideias que podem levar a avanços significativos no campo de estudo. Assim, a fundamentação teórica não só legitima a investigação empreendida como também estabelece o cenário para o desenvolvimento de uma abordagem metodológica prática robusta através da tecnologia e ciência da computação.

2.1 INOVAÇÃO NO PROCESSO DE USINAGEM

A usinagem é um aspecto vital da fabricação na indústria moderna, onde a precisão e eficiência são fundamentais. As ferramentas de corte estão no coração desse processo, formando os materiais para atender às exigências exatas dos projetos de engenharia (FAVARETTO, 2005). Com as inovações tecnológicas, a qualidade e o desempenho dessas ferramentas têm melhorado, possibilitando operações mais velozes, precisas e com menores taxas de falha. Considerando essas evoluções, torna-se claro que a capacidade de uma indústria de permanecer

competitiva está fortemente atrelada à maneira como ela gerencia e mantém suas ferramentas de usinagem.

2.1.1 Desafios da Rastreabilidade no Almoxarifado

Na grande maioria das empresas, a gestão e rastreabilidade de ferramentas de corte no almoxarifado continuam a representar um desafio significativo. A prevalência de registros manuais em empresas principalmente de pequeno e médio porte pode levar a atrasos na produção e falhas no controle de estoque. A digitalização e a automação dos sistemas de armazenagem e distribuição de ferramentas são soluções promissoras. Elas podem reduzir o risco de erros humanos e demoras na produção, assegurando que a ferramenta apropriada esteja disponível no momento certo, além de proporcionar dados vitais para tomadas de decisão estratégica em tempo real (BUSS, 2006).

2.1.2 O Futuro da Usinagem: *QR code* e a Gestão Inteligente

A introdução de um sistema baseado em *QR code* para a gestão de ferramentas de usinagem promete transformar o cenário atual. Essa tecnologia não só facilita a rastreabilidade em tempo real, mas também oferece uma visão abrangente do ciclo de vida de cada ferramenta, facilitando a compreensão dos padrões de uso, as necessidades de substituição e as oportunidades de melhoria no processo de usinagem. O resultado é um ambiente de produção mais ágil e eficiente, onde a disponibilidade das ferramentas é um processo integrado e fluído, vital para atender a demanda por maior eficiência e qualidade na indústria metal-mecânica.

2.2 PROBLEMÁTICA

A gestão e rastreabilidade de ferramentas de corte nas indústrias é fundamental para a otimização da produção. Conforme diversos autores, como (PEINADO, 2005) e (PLUTE, 1998), a falha neste processo frequentemente acarreta cenários operacionalmente críticos. Esses cenários são caracterizados por compras de emergência, que, por sua vez, tornam-se habituais devido à insuficiência dos sistemas de rastreabilidade. Nestes contextos, a rapidez no fornecimento torna-se um

pilar. Contudo, muitos fornecedores, por falta de uma gestão adequada, não conseguem atender essa demanda de pronta entrega, levando a repercussões adversas como interrupções na produção, maquinário ocioso e a eventual necessidade de recorrer a fornecedores alternativos com custos mais elevados (MUMM, 2001).

Conseqüentemente, esta questão é ainda mais agravada pelo conhecimento limitado sobre as ferramentas específicas utilizadas pelos clientes. Argumenta que, sem um entendimento preciso das necessidades do cliente, os fornecedores frequentemente lançam mão de extensos catálogos, sobrecarregando o cliente com opções irrelevantes. Esta lacuna informacional torna a oferta genérica e, por consequência, pouco atrativa ou adequada ao cliente.

Dada a confluência desses desafios, conclui que a estratégia de captação e atendimento ao cliente, no que tange ao fornecimento de ferramentas de corte, necessita de uma profunda revisão. Portanto, destaca-se a urgência de métodos mais estratégicos e customizados que permitam aos fornecedores uma compreensão mais acurada das demandas de seus clientes, resultando em soluções mais alinhadas e eficientes (DE SOUZA, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, apresentamos uma explanação detalhada da metodologia adotada para o desenvolvimento e validação do sistema protótipo que constitui o essência deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). A abordagem metodológica é analítica e estratégica para garantir que os processos de desenvolvimento sejam rigorosos e embasados. Para tanto, descrevemos aqui os materiais e as tecnologias empregadas durante todas as fases do projeto, desde a concepção inicial até a fase de testes em um ambiente corporativo real. Esta seção detalha igualmente as técnicas e estratégias de pesquisa, tanto acadêmica quanto de mercado, que nos permitiram coletar dados relevantes para a construção e aprimoramento do *software* por meio da tecnologia e computação, assegurando que a solução proposta estivesse alinhada às necessidades e dores do mercado e do setor de atuação da empresa parceira.

Além disso, enfatizamos a importância da colaboração com a empresa parceira que forneceu um contexto prático e dados reais para o teste do sistema. A interação contínua com o ambiente empresarial não apenas influenciou o refinamento

da nossa solução, mas também possibilitou a coleta de feedback direto dos usuários finais, um componente crítico para o desenvolvimento iterativo do produto. As ferramentas de desenvolvimento e os frameworks foram adotados por suas características em concentrarem a praticidade do usuário e dinâmica da tecnologia a ser adotada, proporcionando uma compreensão aprofundada sobre as escolhas tecnológicas e sua capacidade de adequação a dados reais da corporação atualizados em tempo real.

Da mesma forma, a abordagem de pesquisa de mercado foi estruturada para capturar as tendências atuais e as exigências do setor, garantindo que o sistema pudesse ser testado e avaliado sob a perspectiva de demandas reais e competitividade no mercado, existente primordialmente nas indústrias de grande porte.

3.1 TECNOLOGIAS E ESTRUTURA DE PROJETO DA SOLUÇÃO

A seleção criteriosa das tecnologias e ferramentas é um componente fundamental no sucesso do desenvolvimento de qualquer solução de software, particularmente relacionado a eficiência, escalabilidade e manutenção a longo prazo.

Para este projeto, optou-se por um conjunto de tecnologias robustas e comprovadas que se alinham às necessidades específicas e aos objetivos estabelecidos. *AngularJS* foi escolhido pela sua capacidade de facilitar o desenvolvimento de *Single Page Applications (SPAs)*, *APIS* dinâmicas e pela sua estrutura que promove a manutenção e o teste de código. Este framework advindo da linguagem de programação *JavaScript* oferece um ambiente rico e extensível, permitindo uma interatividade avançada e uma experiência de usuário final aprimorada na plataforma web. O *ReactJS* foi o *framework* selecionado para o desenvolvimento da aplicação *mobile*, sua comunicação e integração se fazem mais dinamicamente pelo uso do *JavaScript* entre ambas as tecnologias.

Os dados foram índices pontuais de atuação e análise na experimentação da solução, sendo utilizado o banco de dados *MySQL* para lidar com volumes de dados consideráveis.

A tecnologia *QR code* fora selecionada com a função de facilitar o processo de solicitação das ferramentas no almoxarifado.

3.1.1 *Framework Angular*

O Angular teve como o *framework* de escolha para o desenvolvimento da plataforma *web* devido às suas capacidades distintas em gerenciar dados dinâmicos e facilitar a comunicação bidirecional em tempo real, entre dispositivos móveis e *desktops*, aspectos críticos para a funcionalidade de solicitações de estoque. Sua arquitetura baseada em *MVC (Model-View-Controller)* permite uma separação clara entre a apresentação e a lógica de negócios, o que é essencial para a manutenção e escalabilidade do sistema (JAIN et al., 2014).

Além disso, este *framework* integra funcionalidades como *two-way data binding* e a gestão de dependências de forma a simplificar o tratamento de atualizações em tempo real, assegurando que as alterações no estoque sejam imediatamente refletidas na interface do usuário sem a necessidade de recarregamentos da página. Essa atualização instantânea é crucial para que os colaboradores possam acompanhar as movimentações de estoque e responder com agilidade às demandas operacionais, maximizando a eficiência e a precisão do controle de estoques na empresa, possibilitando desviar-se de compras urgentes e falta de itens em estoque para produção. O Two-Way Data Binding no Angular é implementado por meio da diretiva *ngModel*, oferecendo uma solução elegante para vincular propriedades de componentes a elementos de entrada no *template*. A sintaxe `[(ngModel)]` é empregada para estabelecer essa ligação bidirecional, facilitando a atualização automática entre o modelo e a visualização.

3.1.2 *Framework React*

React Native é utilizado pela sua eficiência na renderização de componentes e pela sua vasta flexibilidade de funcionalidade e aplicações, o que nos permite contar com uma rica biblioteca de componentes reutilizáveis (JAVEED, 2019). Além disso, sua arquitetura baseada em componentes torna o processo de desenvolvimento mais ágil e modular, aspectos essenciais quando se busca uma resposta rápida às interações dos usuários em tempo real, visto que colaboradores solicitam as ferramentas via requisição por aplicativo *mobile*. Esta capacidade de atualização instantânea é imprescindível, considerando a necessidade dos decisores

da empresa parceira em submeter e receber dados de forma contínua e fluída, a fim de manter seu estoque controlado e tomando decisões estratégicas com a finalidade da redução de custos.

3.1.3 Banco de dados *MySQL*

A escolha de um banco de dados *MySQL* decorre da sua confiabilidade e habilidade no manuseio de transações complexas, essencial para garantir a integridade e a segurança dos dados sensíveis manipulados. A estrutura de banco de dados *MySQL* é ideal para lidar com grandes volumes de dados estruturados e é amplamente suportada, o que oferece flexibilidade na integração com outras tecnologias e sistemas existentes na empresa parceira, como ERPs. O banco de dados *MySQL* possui ferramentas poderosas para análise e recuperação de dados, o que é crucial para a geração de relatórios e para a tomada de decisões baseada em análise de dados.

3.2 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA E FUNCIONALIDADES

O sistema é formado por uma plataforma e aplicativo integrados para a gestão e controle de solicitações no gerenciamento das ferramentas de usinagem utilizadas nos processos de usinagem dentro das indústrias do setor. Dentro de suas características, o aplicativo é disponibilizado no chão de fábrica para coleta de dados de consumos e fluxo de cada ferramenta que será requisitada pelos funcionários da empresa cujo faz uso da aplicação, posteriormente redirecionados para um banco de dados *SQL* em tempo real com a plataforma e *dashboard*, que fornecerá indicadores por meio de gráficos e tabelas, trazendo dados relevantes no setor de usinagem da empresa como estoque, consumo mensal por usuário, máquinas, centro de custo e solicitações. Esses dados poderão ser acessados pelo gestor ou responsável através da plataforma *web*.

3.2.1 Aplicativo *mobile*

O aplicativo possui aspecto inovador, tecnológico e automatizado, é o meio por onde o funcionário realiza o login, visualiza a foto e a descrição da ferramenta, informa a quantidade e a máquina que o item será utilizado. Os dados de consumos são enviados instantaneamente para a plataforma que roda de maneira online. Ela armazena os dados e os separa mês a mês, permitindo que o usuário visualize o que está sendo consumido, quem está requisitando, quando requisitou e onde foi utilizado. Com a implantação do sistema o usuário terá benefícios como redução de custos, agilidade na linha de produção, otimização do controle das ferramentas.

Figura 1 - Tela de login Log Z App



Fonte: O autor (2023)

Após a identificação do usuário, ele será redirecionado para outra tela em que será possível escolher e quantificar a solicitação da ferramenta.

Figura 2 - Tela de solicitação Log Box



Fonte: O autor (2023)

3.2.3 Requisição via QR code

A fim de aprimorar a eficiência operacional e a experiência do usuário no processo de requisição de ferramentas no almoxarifado, implementou-se uma funcionalidade que permite aos colaboradores pedidos utilizando a tecnologia de *QR code*. Esta solução foi projetada para se integrar ao fluxo de trabalho e sistema existente, enquanto proporciona uma significativa otimização na etapa de requisição. O uso de *QR code* visa não apenas simplificar o procedimento, mas também incrementar a precisão na identificação das ferramentas e o rigor no controle de

inventário. Por meio desta modalidade, assegura-se uma rastreabilidade detalhada de cada item, facilitando o acompanhamento e a gestão eficaz do estoque.

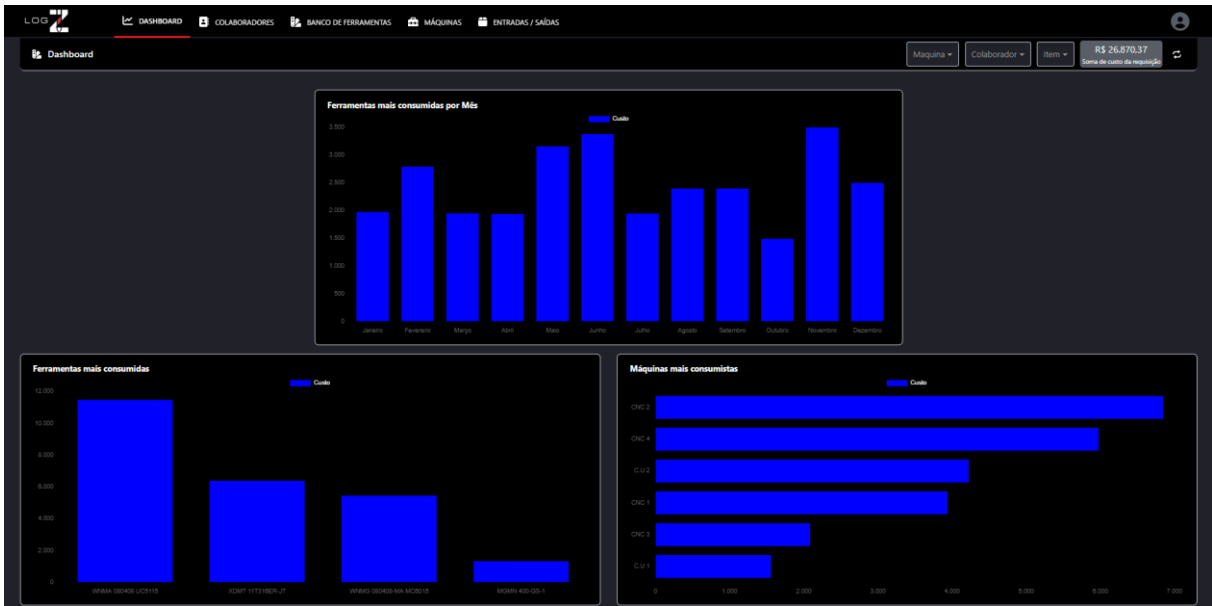
Para efetuar uma requisição, o colaborador utiliza a câmera do dispositivo móvel para escanear o *QR code* associado à ferramenta desejada. Este método elimina a necessidade de inserção manual de dados, minimizando o risco de erros e agilizando significativamente o processo.

Após a leitura do *QR code*, o usuário é automaticamente direcionado a uma interface simplificada onde pode especificar a quantidade necessária. Esta abordagem centrada no usuário simplifica a interação com o sistema e acelera o ciclo de requisição, permitindo que os trabalhadores dediquem menos tempo ao processo administrativo e mais ao desempenho de suas funções principais.

3.2.2 Plataforma *web*

A plataforma é o local onde o super usuário (gestor ou responsável) tem acesso, é o local onde no qual será feito o cadastro dos centros de custo (máquinas), colaboradores e ferramentas, com uma aba contendo indicadores, informações das solicitações e dados dos ferramentais durante o mês. É possível consultar dados de meses anteriores, com foco no estudo de previsibilidade e consumo dos itens solicitados. Todos os dados de solicitação de itens do estoque realizados no aplicativo alimentam automaticamente o banco de dados.

Figura 3: Dashboard da plataforma web



Fonte: O autor (2023).

Nas abas banco de ferramentas, o gestor adicionará as ferramentas que são consumidas em sua linha de produção com informações essenciais como estoque mínimo para o controle.

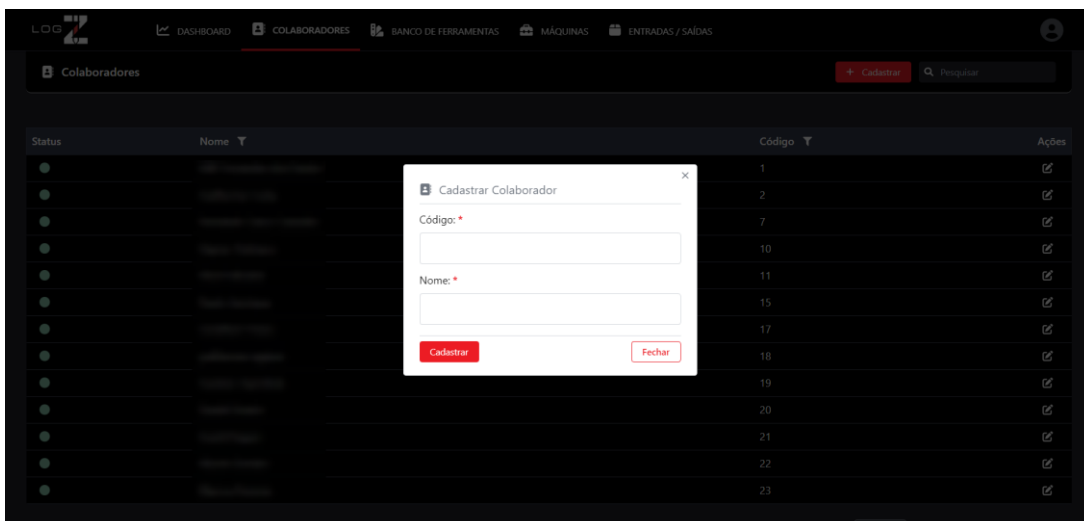
Figura 4 - Aba de cadastro e controle das ferramentas

Status	Nome	Código	Grupo	Fabricante	Estoque mínimo	Estoque atual
●	PASTILHA ADM1070204 OP1215 C	10204	Insertos para fresamento	BLUE CUT	2	9
●	WNMG080404 - TM T9215 (TUNGALOY)	10227	Insertos para torneamento	TUNGALOY	2	5
●	MACHO MAQ. M8 CN-HL DIN 371 - (GUHRING)	10095	Machos	GUHRING	2	3
●	FRESA DISCO DIÂM. 100 - TGSF 100-3-22K - ISCAR (INSERTO TAG N3C)	580	Suportes e acessórios	ISCAR	0	2
●	HASTE FRESA DISCO SW 32-40 - PARA DISCO Ø100MM TGSF 100 - ISCAR	583	Suportes e acessórios	ISCAR	0	1
●	HASTE FRESA DISCO SW 25-32 - PARA DISCO Ø63MM TGSF 63 - ISCAR	582	Suportes e acessórios	ISCAR	0	1
●	SUPORTE DIÂM. 20MM (MARCA KYOCERA) P/ PASTILHA BDMT11T316ER IT (PR1225)	236	Suportes e acessórios	KYOCERA	1	0
●	SUPORTE BEDAME MGEHR 2525 4140 (INSERTO MGMN300 OUI 400 - OLFER)	10127	Suportes e acessórios	BLUE CUT	1	2
●	MACHO MAQ. W 5/8 GG-MAX - (OSG - BIGTOOLS)	10103	Machos	OSG	2	3
●	MACHO MAQ. W 5/16 GG-MAX - (OSG - BIGTOOLS)	10100	Machos	OSG	2	3
●	MACHO MAQ. W 3/8 GG-MAX - (OSG - BIGTOOLS)	10101	Machos	OSG	2	2
●	MACHO MAQ. W 1/4 GG-MAX (OSG - BIGTOOLS)	10099	Machos	OSG	2	4
●	MACHO MAQ. W 1/2 GG-MAX - (OSG - BIGTOOLS)	10102	Machos	OSG	2	4
●	MACHO MAQ. M12 CN-HL DIN 376 - (GUHRING)	10020	Machos	GUHRING	2	4
●	MACHO MAQ. M10 CN-HL DIN 371 - (GUHRING)	10019	Machos	GUHRING	2	3

Fonte: O autor (2023).

Na aba colaboradores, o gestor adicionará os funcionários que poderão realizar solicitações via aplicativo.

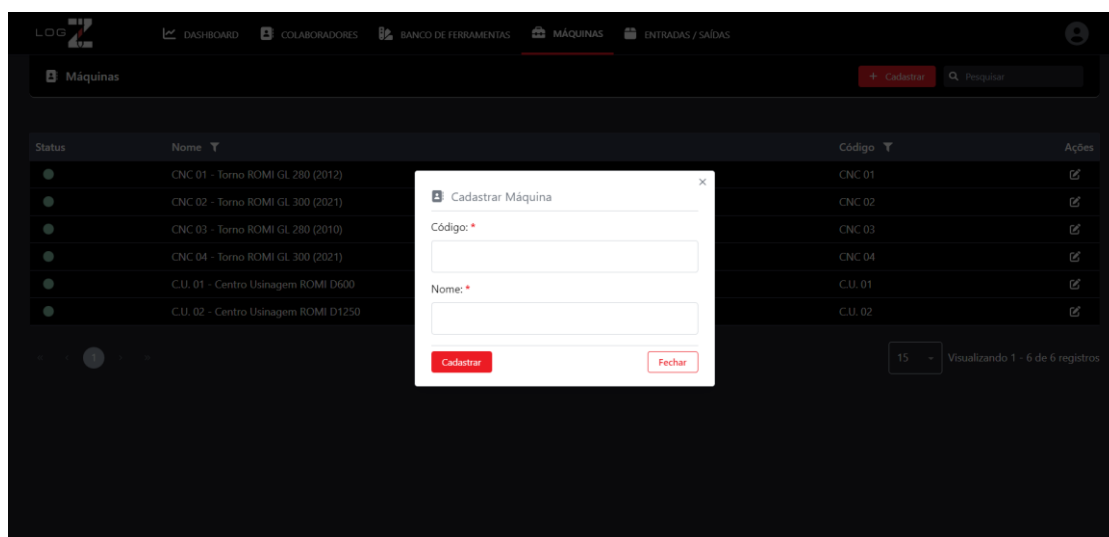
Figura 5 - Aba para cadastro de colaboradores



Fonte: O autor (2023).

Na aba máquinas o gestor adicionará seus centros de custo, ou seja, para onde serão utilizadas as ferramentas solicitadas pelo funcionário.

Figura 6 - Aba para cadastro de máquinas



Fonte: O autor (2023).

Na aba entradas/saídas o usuário terá uma lista contendo as informações de todas as solicitações feitas pelos seus colaboradores.

Figura 7 - Aba com registro de solicitações

Data	Grupo	Ferramenta	Máquina	Responsável	Operação	Preço Unitário	Preço Total	Ordem de Compra	Quantidade
14/06/2023 14:18	Insertos para torneamento	127 - INSERTO WNMA 080408 UCS115		Jonathan	Entrada	R\$ 28,00	R\$ 288,00	123	10
14/06/2023 14:21	Insertos para torneamento	127 - INSERTO WNMA 080408 UCS115		Jonathan	Saída				40
14/06/2023 14:25	Insertos para torneamento	127 - INSERTO WNMA 080408 UCS115		Jonathan	Entrada	R\$ 28,00	R\$ 288,00	teste	10
21/06/2023 13:12	Insertos para torneamento	127 - INSERTO WNMA 080408 UCS115- (MITSUBISHI)		Guilherme	Saída				5
21/06/2023 13:16	Insertos para torneamento	127 - INSERTO WNMA 080408 UCS115- (MITSUBISHI)		Marcos	Saída				10
23/06/2023 13:59	Insertos para torneamento	535 - INSERTO MGMN400 GS OF - (OLIFER)		Vitor	Saída				4
27/06/2023 10:52	Insertos para torneamento	128 - INSERTO WNMG 080408 MC6015 - (MITSUBISHI)		Marcos	Saída				10
28/06/2023 09:59	Insertos para torneamento	128 - INSERTO WNMG 080408 MC6015 - (MITSUBISHI)	CNC 01 - CNC 01 - Torno ROMI GL 280 (2017)		Saída				5

Fonte: O autor (2023).

A plataforma como supracitado servirá para o recebimento de dados advindos do aplicativo e requisições *QR code*, no qual os colaboradores identificarão o código e o produto a ser retirado será direcionado automaticamente para o aplicativo, todos os dados de requisição serão atualizadas em tempo real, permitindo acompanhamento digital do gerenciamento das ferramentas, tornando mais simples a identificação de erros e discrepâncias no gerenciamento, consequentemente garantindo mais agilidade na produção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante este capítulo será realizada uma análise dos dados obtidos através da experimentação prática do sistema implementado, bem como da interação dos usuários com a plataforma e o aplicativo desenvolvidos. Os resultados serão colocados em discussão juntamente com os desafios identificados na gestão de ferramentas de usinagem na indústria, uma problemática que foi amplamente discutida na revisão de literatura e durante o estabelecimento da fundamentação teórica e prática deste artigo. Será dada atenção especial aos aspectos em que a solução proposta se alinha ou diverge dos argumentos e soluções já existentes, promovendo um diálogo entre a aplicação concreta e as previsões acadêmicas.

A introdução do sistema integrado de plataforma *web* e aplicativo móvel demonstrou ser significativamente benéfica em diversos aspectos operacionais, principalmente na otimização do tempo despendido por responsáveis e colaboradores

no processo de requisição de ferramentas novas. Com a adoção de mecanismos automatizados e interfaces intuitivas, observou-se uma redução marcante no tempo de execução dessas tarefas. Além disso, a gestão de estoque incrementou uma eficiência substancialmente aprimorada, resultando em uma administração de inventário mais precisa e eficiente. A capacidade de monitorar em tempo real os níveis de estoque e gerar alertas de estoque mínimo contribuiu para uma previsão de compras mais acurada, evitando excessos ou escassez que possam comprometer a continuidade das operações industriais. Essas melhorias operacionais são quantificáveis e serão discutidas em detalhes, com base nos indicadores de desempenho que foram estabelecidos para medir o sucesso da implementação do sistema.

4.1 Análise de experimentação e experiência do usuário

A transição para um sistema digitalizado e automatizado, abandonando os métodos tradicionais de papel e caneta para a gestão de estoques, constituiu benefícios significativos na rotina operacional da empresa parceira. Esta modernização para uma plataforma digital e aplicativo móvel resultou em uma série de melhorias na eficiência e na eficácia do gerenciamento de recursos. Com a implementação desse sistema, foi possível reduzir as interrupções nas operações de máquinas causadas por indisponibilidade de ferramentas, as compras de emergência decorrentes de uma gestão de estoque deficiente e desatualizada, e os consequentes erros de contabilização no inventário. A capacidade de monitorar o estoque em tempo real e a facilidade de solicitação pelos colaboradores por meio do *QR code* transformou completamente o panorama da gestão de recursos, permitindo uma reação rápida a qualquer sinal de necessidade entre a oferta e a demanda de ferramentas de usinagem.

Para ilustrar de maneira quantitativa as vantagens proporcionadas pela nova abordagem, a tabela abaixo oferece uma comparação detalhada entre o tempo anteriormente gasto com o controle manual de estoque, utilizando planilhas do Excel, e o tempo de operação após a adoção do sistema, considerando um custo hora do responsável de R\$17,73. Os dados evidenciam uma otimização substancial na carga de trabalho do responsável pelo controle de estoque, liberando-o para se dedicar a

tarefas mais estratégicas dentro da organização, podendo alcançar a uma redução de custos de R\$2.127,27 no período de um ano.

Tabela 1: Tempo de otimização do responsável

Atividades	Horas	Custo
Análise dos estoques mínimos / próximas compras	6	R\$106,38
Tempo de contagem dos estoques / atendimento de requisição	3	R\$53,19
Análise das requisições por meio da folha de anotação/folha de requisição	1	R\$17,73
Total (mensal)	10	R\$177,3
Total (anual)	120	R\$ 2.127,6

Fonte: Autor (2023).

Além da notável economia de tempo para os encarregados da gestão de estoque, o sistema implementado provou ser uma ferramenta de grande valia na geração de insights e fornecimento de dados valiosos para a tomada de decisões estratégicas. A plataforma fornece uma análise detalhada, permitindo o reconhecimento de padrões e discrepâncias que podem sinalizar ineficiências ou oportunidades de melhoria na produção e no controle operacional. O sistema oferece visibilidade ampliada sobre os elementos mais exigentes de recursos, como determinadas máquinas, processos ou equipes, destacando-se na identificação de itens com taxas de consumo elevadas.

Um caso foi observado na empresa parceira, onde o sistema desempenhou um papel fundamental ao detectar um uso excessivo e impróprio de ferramentas por parte de alguns colaboradores e máquinas. Esse *insight* foi decisivo para a implementação de correções, que não apenas otimizaram o uso de recursos, mas também contribuíram para a instauração de uma cultura de conscientização e responsabilidade no uso de ferramentas. O sistema provou ser crucial para a eficiência operacional, identificando imediatamente pelo controle em tempo real pontos críticos que impactam a sustentabilidade das atividades industriais e fortalecendo a gestão e a infraestrutura organizacional.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma solução tecnológica e integrada, projetada para atender a uma necessidade específica do mercado: a melhoria do gerenciamento de ferramentas de usinagem na indústria metal-mecânica através da digitalização e substituição de processos tradicionais e manuais. A pesquisa científica realizada confirmou não só a existência deste desafio, mas também as várias complicações decorrentes de uma gestão ineficaz de ferramentas.

O propósito central da pesquisa foi expor como a aplicação de um sistema computacional desenvolvido pode solucionar esses problemas recorrentes e, ao mesmo tempo, otimizar o processo produtivo. A implementação desta solução buscou promover uma economia de custos significativa e a incorporação de tecnologias modernas e automatizadas no setor. Os resultados alcançados validam a eficácia do sistema, evidenciando o potencial de tais inovações tecnológicas para transformar positivamente as operações industriais, ao proporcionar maior controle e eficiência na gestão das ferramentas de usinagem, bem como a redução de custos, grande desafio na linha de produção das indústrias do ramo.

REFERÊNCIAS

BUSS, JACÓ. **Modelo de gestão de estoque de ferramentas de usinagem em ambiente de grande volume de produção**. 2006. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

CNI. **Confederação Nacional da Indústria**, 2022. Relação de empresas nacionais que utilizam tecnologia. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/cni/>>. Acesso em: 06 de junho de 2022.

DE SOUZA, Eduardo et al. **Sistema de gerenciamento de ferramentas- aplicação de um survey em empresas de máquinas e implementos agrícolas no**

Brasil, 2011. 6º congresso brasileiro de engenharia de fabricação. 11 a 15 de Abril de 2021, Caxias do Sul.

FAVARETTO, A. S. **Estudo do gerenciamento de ferramentas de corte na indústria automotiva de Curitiba e região metropolitana**. 2005. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

JAVEED, Arshad. **Performance Optimization Techniques for ReactJS**. 2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), Coimbatore, India, 2019, pp. 1-5.

JAIN, Nilesh; MANGAL, Priyanka; MEHTA, Deepak. **AngularJS: A modern MVC framework in JavaScript**. Journal of Global Research in Computer Science, v. 5, n. 12, p. 17-23, 2014.

MUMM, A. **Toolmanagement als moderne Dienstleistung. Werkstatt und Betrieb**. p.116-118, setembro/2001.

PEINADO, Jurandir. **Implantação do kanban como base de um programa Just In Time: uma proposta de metodologia para empresas industriais**. 2000. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PLUTE, Martin. **Tool management strategies**. Cincinnati: Hanser Gardner, 1998.