

INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

JONATHAN IDEIÃO FERNANDES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**UTILIZAÇÃO DE QR CODES NO AUXÍLIO DE MANUTENÇÕES
ELÉTRICAS INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA
CIMENTEIRA PARAIBANA**

João Pessoa
2022

JONATHAN IDEIÃO FERNANDES

UTILIZAÇÃO DE QR CODES NO AUXÍLIO DE MANUTENÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS: ESTUDO
DE CASO EM INDÚSTRIA CIMENTEIRA PARAIBANA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da
Paraíba como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências
no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Franklin Martins Pereira Pamplona, D.Sc.

João Pessoa
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *campus* João Pessoa

F363u

Fernandes, Jonathan Ideião.

Utilização de QR Codes no auxílio de manutenções elétricas industriais : estudo de caso em indústria cimenteira paraibana / Jonathan Ideião Fernandes. – 2022.

47 f. : il.

TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB / Coordenação de Engenharia Elétrica.

Orientador : Prof. Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona.

1. Engenharia elétrica. 2. Manutenção industrial. 3. Tecnologia QR Code. 4. Planejamento e execução. 5. Indústria cimenteira. I. Título.

CDU 62-7:004

JONATHAN IDEIÃO FERNANDES

UTILIZAÇÃO DE QR CODES NO AUXÍLIO DE MANUTENÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS: ESTUDO
DE CASO EM INDÚSTRIA CIMENTEIRA PARAIBANA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da
Paraíba como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências
no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Trabalho Aprovado em 13 / 07 / 2022 pela banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
DIANA MORENO NOBRE
Data: 17/03/2023 13:53:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Diana Moreno Nobre, D.Sc.
Examinadora, IFPB



Documento assinado digitalmente
JOSE BEZERRA DE MENEZES FILHO
Data: 22/03/2023 09:42:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Bezerra de Menezes Filho, D.Sc.
Examinador, IFPB



Documento assinado digitalmente
FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA
Data: 16/03/2023 16:47:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Franklin Martins Pereira Pamplona, D.Sc.
Orientador, IFPB

Dedico este trabalho a Deus, à minha mãe Maria José, ao meu irmão Jefferson e ao meu pai Jerônimo (In Memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças para nunca desistir dos meus objetivos;

Agradeço à minha mãe Maria José, por sempre me apoiar em minhas decisões e me ajudar a escolher o caminho certo da vida, servindo como exemplo de pessoa digna e respeitosa;

Ao meu irmão Jefferson, por servir de exemplo nos estudos e ser, em grande maioria, amigo, irmão e pai em uma só pessoa;

À minha companheira Jennifer, por acreditar no meu potencial e sempre me encorajar a seguir lutando mesmo diante das dificuldades, me tornando uma pessoa melhor a cada dia;

Aos meus amigos, pelo incentivo nos estudos e conhecimentos compartilhados;

Ao PET Elétrica do IFPB, por servir de incentivo à tutoria e pesquisa e auxiliar no crescimento acadêmico dentro da instituição de ensino;

Ao IFPB, pela estrutura capaz de me formar cidadão e um profissional de respeito.

RESUMO

A utilização da tecnologia dos *QR Codes* (Quick Response Codes) no auxílio de manutenções elétricas industriais pode ser considerada de grande importância na rotina fabril. Por se tratar de uma tecnologia que se comporta como etiquetas de fácil visualização e identificação, a sua aplicação em processos, materiais, áreas e equipamentos ao longo da unidade fabril proporciona uma maior organização e praticidade em diversas atividades. O objetivo central do trabalho é compreender acerca da aplicação de *QR Codes* nos ambientes industriais como forma de melhoria nos processos de planejamento e execução das manutenções elétricas. Através da análise de artigos, trabalhos acadêmicos, dissertações e reportagens, foram analisados possíveis empregos dos códigos *QR* como forma de auxiliar e tornar mais dinâmico a execução das atividades de manutenção dentro do ramo industrial. Também foi exposto um caso de aplicação de *QR Codes* em uma indústria cimenteira paraibana e averiguado os retornos da utilização desta tecnologia na rotina fabril para as equipes de planejamento e controle da manutenção elétrica.

Palavras-chave: QR Code. Indústria. Manutenção. Planejamento.

ABSTRACT

The use of QR Codes (Quick Response Codes) technology to help industrial electrical maintenance can be considered of great importance in the manufacturing routine. As it is a technology that behaves like labels for easy viewing and identification, its application in processes, materials, areas, and equipment throughout the manufacturing unit provides organization and practicality in various activities. The main objective of the work is to understand the application of QR Codes in industrial environments as a way of improving the planning and execution processes of electrical maintenance. Through the analysis of articles, academic works, dissertations, and reports, were analyzed possible uses of QR Codes as a way to assist and make more dynamic the execution of maintenance activities within the industrial branch. It was also an exposed a case of application of QR Codes in a cement industry in Paraíba and investigated the returns of the use of this technology in the factory routine for the planning and control teams of electrical maintenance.

Keywords: QR Code. Industry. Maintenance. Planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação entre manutenção preventiva e manutenção corretiva.	18
Figura 2 - Evolução histórica do PCM	21
Figura 3 - Fluxograma de funcionamento do PCM	22
Figura 4 - Representação de <i>QR Code</i>	23
Figura 5 - Composição do <i>QR Code</i>	24
Figura 6 - Sala elétrica industrial	33
Figura 7 - Painel elétrico do CCM	34
Figura 8 - Diagrama de gavetas elétricas do CCM	35
Figura 9 - Fluxo de fabricação do cimento	36
Figura 10 - Representação do transportador metálico	37
Figura 11 - Utilização dos <i>QR Codes</i> nos painéis elétricos	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diferença do MTTR real e a expectativa de duração da atividade	40
Gráfico 2 - Pergunta 1 do formulário de satisfação do projeto	41
Gráfico 3 - Pergunta 2 do formulário de satisfação do projeto	42
Gráfico 4 - Pergunta 3 do formulário de satisfação do projeto	42
Gráfico 5 - Pergunta 4 do formulário de satisfação do projeto	43
Gráfico 6 - Pergunta 5 do formulário de satisfação do projeto	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
MTTR	Mean Time To Repair
CCM	Centro de Controle de Motores
CLP	Controlador Lógico Programável
CNI	Confederação Nacional da Indústria
IOT	Internet of Things
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
URL	Uniform Resource Locator
NR	Norma Técnica
OS	Ordem de Serviço
QR	Quick Response

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Estrutura do trabalho	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos gerais	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Manutenção industrial	15
3.2 Tipos de manutenção	16
3.2.1 Manutenção Corretiva	16
3.2.2 Manutenção Preventiva	17
3.2.3 Manutenção Preditiva	19
3.3 Planejamento e controle da manutenção (PCM)	19
3.4 Códigos tipo QR (Quick Response)	22
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	26
4.1 Caracterização da pesquisa	26
4.2 Universo, amostragem e amostra	26
4.3 Procedimento para coleta de dados	27
4.4 Análise e organização dos dados	27
5 APLICAÇÃO DOS QR CODES NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	29
6 QR CODES NA IDENTIFICAÇÃO DE DIAGRAMAS ELÉTRICOS	33
6.1 Ambiente de estudo	33
6.2 Processo de fabricação do cimento	35
6.3 Análise da ocorrência	36
6.4 Utilização de QR Codes na manutenção elétrica da fábrica	38
6.5 Resultados	39
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

A utilização da tecnologia dos *QR Codes* (Quick Response Codes) no auxílio de manutenções elétricas industriais pode ser considerada de grande importância na rotina fabril. Por se tratar de uma tecnologia que se comporta como etiquetas com fácil visualização e identificação, a sua aplicação em processos, materiais, áreas e equipamentos ao longo da unidade fabril proporciona uma maior organização e praticidade em diversas atividades.

O estudo dessa temática traz consigo uma significativa relevância em nossa atualidade, na qual está sendo marcada pelo aumento exponencial da tecnologia em todos os setores. E, claro, no setor industrial não seria diferente. A última década está sendo marcada pelo avanço da indústria 4.0, esse nome conceito caracteriza o emprego da automação e tecnologia da informação aplicada ao âmbito industrial. Aliado à internet das coisas (em inglês, *internet of things* (IoT)), este fato garante uma maior segurança e agilidade na execução dos processos e trocas de informações.

A escolha do tema em questão surgiu devido a uma experiência vivida durante um estágio em uma fábrica cimenteira na cidade de Alhandra, no estado da Paraíba. Passados alguns meses no departamento de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), foi observado que durante ocorrências da manutenção em painéis elétricos, a equipe responsável pelas execuções das atividades das Ordens de Serviço (OS) passavam muito tempo apenas na tentativa de identificação dos diagramas elétricos. Este fato ocasionava uma longa demora na realização das atividades e prejudicava o processo de retomada das operações da fábrica, gerando uma pausa na produção do cimento.

Dessa forma, observou-se que a utilização de *QR Codes* tornava alguns processos mais dinâmicos no dia a dia da equipe de manutenção. Esta condição teve por consequência a ideia de trabalho sugerida, que busca identificar como a utilização deste tipo de tecnologia poderia auxiliar na otimização da manutenção elétrica em indústrias.

Diante disso, o estudo de caso refere-se a um projeto elaborado para o mapeamento dos diagramas elétricos condizentes com cada painel elétrico de uma sala elétrica da planta da cimenteira paraibana. E, através de códigos do tipo QR,

esses arquivos seriam identificados instantaneamente, facilitando todo o processo de identificação das ligações entre motores e painéis e agilizando a manutenção.

Embora esse tema seja muito relevante em nosso cenário atual, até o momento foram encontrados poucos trabalhos que discutam esse assunto sob o ponto de vista teórico e contextual. Pois apesar de sua criação em 1994, os *QR Codes* passaram a se popularizar na última década e sua aplicação no ramo industrial ainda é inovadora.

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho é composta por 7 capítulos a fim de esclarecer a temática abordada bem como o estudo de caso proposto. São eles:

- Capítulo 1: Apresenta uma introdução sobre o tema e a motivação de sua escolha, além da forma como o trabalho está organizado;
- Capítulo 2: Destaca o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho;
- Capítulo 3: Descreve a fundamentação teórica a respeito de manutenções industriais e o sistema de códigos do tipo QR;
- Capítulo 4: Exibe a metodologia utilizada na realização do trabalho;
- Capítulo 5 Demonstra a utilização de códigos do tipo QR como forma de auxílio na manutenção elétrica industrial;
- Capítulo 6: Expõe o estudo de caso sobre a utilização de códigos QR em uma cimenteira paraibana;
- Capítulo 7: Apresenta as considerações finais sobre o trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender acerca da aplicação de *QR Codes* nos ambientes industriais como forma de melhoria nos processos de planejamento e execução das manutenções elétricas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apontar melhorias para o planejamento das manutenções elétricas;
- Elencar benefícios da tecnologia em estudo;
- Apresentar procedimentos da manutenção auxiliados pelo *QR code*;
- Demonstrar exemplo prático de aplicação em cimenteira paraibana.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são explanados alguns estudos, definições e termos acerca da temática abordada a fim de tornar mais clara a compreensão do leitor.

3.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Kardec (1998 *apud REIS, 2018*), do latim *manus tenere*, a palavra “manutenção” significa “manter o que se tem”. De um modo geral, a manutenção pode ser definida como a preservação do estado de todos os equipamentos, peças ou máquinas, de modo em que estejam em ótimas condições de operação no momento da sua utilização. E, quando necessário, ou em caso de defeito, que possam ser realizados os devidos reparos no menor tempo possível e da maneira mais técnica.

A fim de concretizar o conceito sobre manutenção, Segundo Milan Milasch (2012, p. XI):

Manutenção é toda atividade que se realiza através de processos diretos ou indiretos nos equipamentos, obras ou instalações, com a finalidade de assegurar-lhes condições de cumprir com segurança e eficiência as funções para as quais foram fabricados ou construídos, levando em consideração as condições operacionais e econômicas.

Caracterizada por estar em constante atualização no decorrer dos anos a fim de melhorar a sua eficiência na produção, a indústria assume um papel para a manutenção como referência essencial de suas atividades. Voltado para o âmbito elétrico, a manutenção industrial do sistema torna-se ainda mais importante devido aos equipamentos serem responsáveis pelo suprimento da energia em todos os setores da fábrica.

Ambientes industriais normalmente são alimentados por alta tensão. Com isso, a presença de falhas ou ocorrências podem causar graves danos em colaboradores e equipamentos. Para manter em funcionamento, com a continuidade da produção e garantir a segurança dos colaboradores e da fábrica, a oposição a essas falhas é de fundamental importância. Para isso, a manutenção elétrica industrial deve ser realizada de forma periódica.

A resultante dessa periodicidade das manutenções elétricas garante uma seguridade contra defeitos dos mais diversos tipos, tais como:

- Queimas e avarias em motores;
- Presença de pontos quentes em painéis elétricos e conexões;
- Deterioração dos condutores elétricos;
- Queima de equipamentos nos painéis elétricos, por exemplo, relés, disjuntores, inversores e controladores lógicos programáveis (CLPs).

Com isso, uma fábrica, seja ela de qualquer setor, é composta de processos ou linhas de montagem e produção, nos quais uma interrupção pode vir a significar custos elevados para a empresa. O lucro cessante é o termo utilizado para designar o quanto a empresa deixou de lucrar naquele determinado período em que não esteve sob produção. Portanto, a manutenção dos equipamentos elétricos em uma indústria carrega consigo não só a garantia de bom funcionamento e segurança, mas também reflete na lucratividade da empresa.

Referindo-se à rotina fabril, as manutenções que apresentam maior relevância podem ser classificadas em três tipos, onde cada uma exige uma maneira de execução e um período correto para acontecer, são elas:

- Manutenção corretiva;
- Manutenção preventiva;
- Manutenção preditiva.

3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

3.2.1 Manutenção Corretiva

Quando o assunto é a realização de manutenção, o primeiro pensamento para a execução de uma atividade é a de correção de alguma falha ou defeito. Portanto, pode-se definir a manutenção corretiva como sendo o primeiro tipo de manutenção. É a mais intuitiva e, como sua nomenclatura sugere, tem função de correção. Se quebrou ou surgiu algum defeito, a avaria deve ser consertada.

Este tipo de manutenção pode ser de três tipos: manutenção corretiva de emergência (sua execução tem a finalidade de retomar imediatamente a utilização de

equipamentos ou do sistema elétrico); manutenção corretiva de urgência (possui a função de garantir a volta da operação para as condições normais o mais breve possível) e a manutenção corretiva programada (neste caso, não há tempo certo para a realização do restabelecimento da forma de utilização, podendo ser efetuada em qualquer período) (MILASCH, 2012).

Analisando sob o ponto de vista financeiro, este é o tipo de manutenção mais dispendiosa. Além do fato de não apresentar vantagens, apenas desvantagens, por exemplo:

- Ocasiona uma baixa vida útil aos equipamentos;
- Paradas do sistema elétrico para execução da manutenção ocasionam atraso na produção fabril e contratempos no planejamento;
- Diminuição na utilização dos equipamentos, este fator tem por consequência o aparecimento de possíveis novas falhas ou reincidência das mesmas.

Além de que, por se tratar de uma operação de correção, muitos dos casos das manutenções nos sistemas elétricos se trata de emergências, podendo ocorrer em horários inoportunos, como no turno da noite e em finais de semanas e feriados. Por representar uma despesa de custo elevado devido ao tempo necessário para sua execução, a troca de peças ou até mesmo do equipamento por completo, torna-se necessário a prática de uma manutenção a fim de prevenir tais ocorrências, denominada manutenção preventiva.

3.2.2 Manutenção Preventiva

Define-se como manutenção preventiva, todo serviço previamente planejado a fim de controlar, conservar e reparar equipamentos com o intuito de mantê-lo em condições favoráveis para sua perfeita operação (MILASCH, 2012). Como mencionado anteriormente, com o intuito de precaver as ocorrências das manutenções corretivas, surgiu a necessidade da criação de planos rotineiros de manutenção a fim de evitar as condições de falhas nos equipamentos.

A produção da indústria começou a ficar muito dependente do desempenho que suas máquinas estavam apresentando. Este fato serviu de inspiração para a ideia de que elas não poderiam parar pois iriam ocasionar atrasos na produção e elevados

gastos para eventuais consertos. Tendo esse pensamento em vista, surgiu a manutenção preventiva.

Como a indústria cresceu com o passar dos anos e hoje é essencial para nossas vidas, a prática preventiva de manter os equipamentos em condições favoráveis de funcionamento evitando a necessidade de manutenções corretivas é uma atividade padrão na rotina fabril e em locais com sistemas elétricos.

Segundo a ABNT, uma possível comparação estabelecida entre esses dois tipos de manutenção pode ser representada na Figura 1.

Figura 1 - Relação entre manutenção preventiva e manutenção corretiva.



Fonte: Adaptado de ABNT (apud TAVARES, 1987 e LIMA, 1993)

Quanto aos sistemas elétricos, sabe-se que as conexões entre as instalações deve ser precisa, bem como o acompanhamento de medições seguindo padrões pré-estabelecidos. Para isso, como forma de exemplificar algumas dessas atividades preventivas, foram listadas a seguir as principais manutenções elétricas realizadas na indústria:

- Reaperto em conexões, plugues e regulagens, podendo ser atividades diárias, semanais ou mensais;
- Testes e ensaios em motores (Megômetro, comprimento das escovas de motores, acionamento dos intertravamentos, sistema de partida de motores etc.);
- Identificação de possíveis evidências de avarias que possam vir a se tornar graves;
- Limpeza e reorganização de painéis elétricos;

- Substituição de componentes que já apresentem oxidação ou a presença de pontos quentes em suas conexões elétricas.

3.2.3 Manutenção Preditiva

Este tipo de manutenção é realizado de modo a seguir a periodicidade de cada equipamento ou motor. A manutenção preditiva funciona com a coleta de dados e realizações de inspeções. No caso de motores, a análise de vibração é um método de coleta de informações capaz de identificar possíveis sintomas de problemas futuros, sendo assim, solucionados em manutenções preventivas. Para isso, faz-se necessário uma rotina constante de inspeções, muitas delas com periodicidade semanal.

Torna-se importante a atuação desta manutenção quando se tem interesse em prolongar a vida útil do equipamento. Ao identificar as anomalias desde o início, as devidas medidas de solução deverão ser tomadas sanando a problemática em sua raiz, evitando que tais anormalidades possam retornar ou se agravar. Além de ajudar na construção de um histórico de dados para o equipamento em específico.

Um fator de destaque para este tipo de manutenção é o fato da identificação de possíveis problemas que possam vir a acontecer. O lado positivo desse levantamento é a capacidade de planejamento da atividade corretiva ou preventiva. Por se tratar de um ambiente industrial e com produção durante as 24 horas do dia, a decisão de parada na produção para a realização de correção da anomalia tem que ser muito avaliada. E para que se tenha sucesso na execução, mão de obra qualificada e em quantidade desejada e a manutenção seja permitida em horário de baixa produção ou em manutenção de outros equipamentos, faz-se necessário um bom planejamento da manutenção.

3.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM)

Historicamente, a manutenção na indústria iniciou a sua mudança no período pós 2ª Guerra Mundial, onde as máquinas quebravam e eram realizadas as

manutenções corretivas. Com o passar dos anos, observou-se que essa prática demandava muito trabalho e um alto investimento financeiro no setor.

Foi então que surgiu a necessidade de uma manutenção periódica nos equipamentos a fim de evitar falhas ou ao menos impedi-las de acontecer. Introduziu-se o conceito de manutenção preventiva. Esta, como já mencionado anteriormente, é realizada em períodos pré-determinados para acompanhar o comportamento de um equipamento e garantir-lhe uma maior vida útil de trabalho.

Diante disso, para lidar com a periodicidade das manutenções era imprescindível a execução de um bom planejamento. Criou-se a partir daí o conceito de planejar quando e como operar essas manutenções. Mais conhecida pela sigla PCM, o planejamento e controle da manutenção é uma estratégia muito utilizada no setor industrial.

Segundo Branco Filho (2008 *apud* SANITÁ *et al.*, 2020) o PCM fortalece o ciclo de gerenciamento da manutenção em uma organização, por meio da implantação das seguintes atividades: assessorar a gerência em relação a programação e controle; gestão sobre a manutenção; negociar entre a manutenção e produção; revisar e coordenar as programações, planos e instruções de manutenção; promover avaliações sobre os pontos de perda de produtividade e dentro dessa realidade produzir sugestões; detalhar responsabilidades e outros.

Na maioria dos casos trata-se de um setor inteiro responsável por toda a atividade que se diz respeito ao levantamento dos números de indicadores da manutenção e todo o planejamento das atividades corretivas, preventivas e preditivas. Na Tabela 1 são elencadas a periodicidade das manutenções de acordo com cada equipamento.

Tabela 1 - Periodicidade das manutenções.

PERIODICIDADE	EQUIPAMENTOS OU INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
DIÁRIA	Inspeção visual dos equipamentos em geral, fiação elétrica, sinalização.
SEMANAL (ou 200 horas de uso)	Ventiladores e motores.
MENSAL (ou 1000 horas de uso)	Elevadores, painéis de subestações, transformadores, máquinas de solda.
TRIMESTRAL (ou 2500 horas de uso)	Túneis de cabo, geradores, etc.
SEMESTRAL (ou 4500 horas de uso)	Instrumentos de medição, subestação, trafos, disjuntores, relés, etc.
ANUAL (ou 8000 horas de uso)	Cabos, chaves, ligações a terra, contatores, motores (desmontar), etc.

Fonte: Adaptado de FINOCCHIO (2013).

De acordo com a evolução industrial, inúmeras transformações ocorreram de modo a melhorar os processos do planejamento da manutenção. À medida que as tecnologias disponíveis no mercado chegavam às indústrias, o PCM buscava se enquadrar à novidade. A quarta e atual geração é marcada pela ideia da inovação tecnológica, confiabilidade das máquinas e economia de esforço e investimentos para execução das mesmas atividades. Na Figura 2 relata-se a evolução do PCM nas últimas décadas.

Figura 2 - Evolução histórica do PCM.



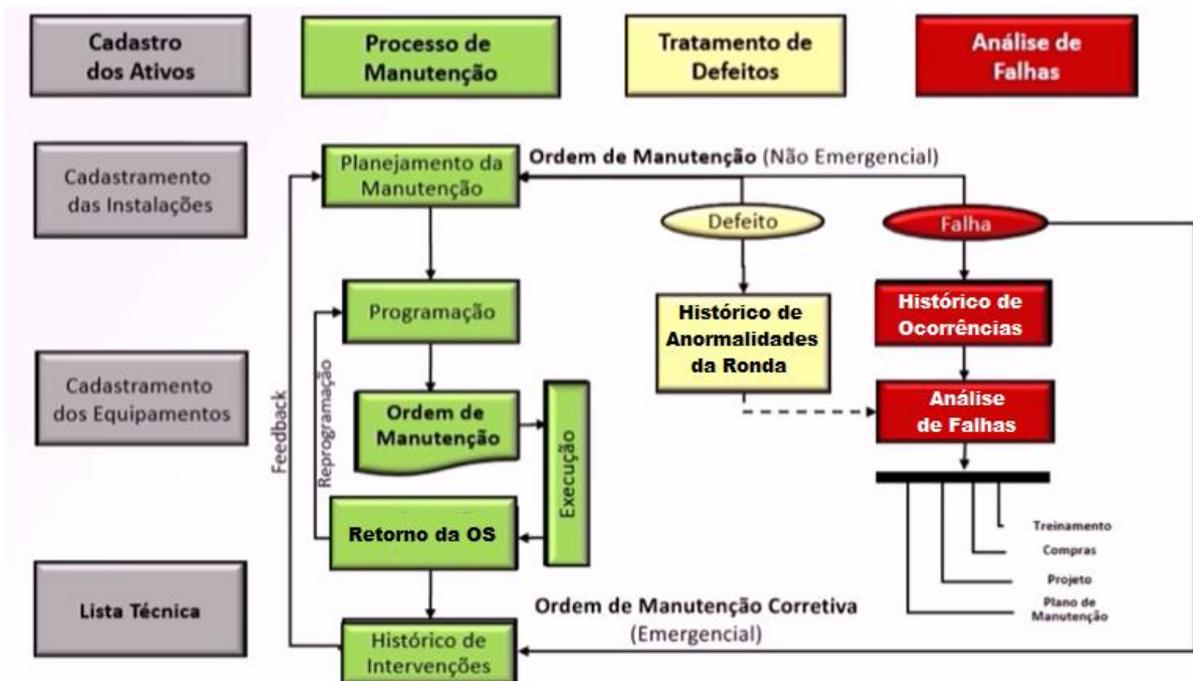
Fonte: Engeteles - Planejamento e Controle da Manutenção na Indústria 4.0 - Disponível em: <https://engeteles.com.br/pcm-na-industria-4-0/>.

A principal característica do PCM é garantir a confiabilidade e disponibilidade dos ativos. Esse trabalho assegura a otimização do rendimento da equipe de manutenção. Dentre as variadas funções, destacam-se também:

- A análise das inspeções (visual, térmica, dimensional e de vibrações);
- O controle sobre os gastos e investimentos em compras para a organização;
- Revisar e ajustar programações da manutenção (tendo em vista que mesmo uma programação seguida à risca pode ser alterada diante de um caso emergencial) e;
- Manter uma boa relação com a produção (no qual em muitas indústrias é necessária a parada da produção para a realização de manutenções).

O controle de todas as manutenções e registros de execução ou de observações dos técnicos e inspetores são realizados a partir das Ordens de Serviço (OS), num processo de planejamento, execução e retorno para análise. Para exemplificar o funcionamento da rotina do PCM, na Figura 3 ilustra-se o passo a passo das atividades realizadas, desde o cadastro de ativos, planejamento e execução da programação, as tratativas necessárias e a análise de falhas.

Figura 3 - Fluxograma de funcionamento do PCM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 CÓDIGOS TIPO QR (QUICK RESPONSE)

De acordo com a Confederação Nacional das Indústrias (2016), o termo indústria 4.0 caracteriza-se pela integração e controle da produção por meio de sensores e equipamentos realizando a conexão entre o mundo real e o virtual, utilizando para isso a Internet das Coisas (IoT), Big Data e o Data Cloud (arquivos em nuvem). E para isso, a utilização de *QR Codes* na indústria une o melhor entre esses mundos servindo de porta de entrada para a indústria 4.0.

QR Code foi inicialmente criado pela empresa japonesa Denso-Wave no ano de 1994, sua funcionalidade era identificar peças em indústrias automobilísticas

(PRASS, 2011 *apud* ALMEIDA, 2019). Apesar de possuir uma certa idade, sua busca e utilização abrangente tornou-se mais popular na última década graças ao avanço da tecnologia e a conexão via internet entre os mais diversos aparelhos.

Considerado mundialmente como a evolução do código de barras, que foi lançado nos anos de 1970, esse novo modelo de código se caracteriza por exibir um gráfico em 2D, na vertical e na horizontal, que pode ter sua leitura realizada através das câmeras presentes em smartphones e tablets. O seu formato é definido como um quadrado delimitado por margens, nas quais em suas extremidades estão representados outros quadrados que irão conter a informação contida no código, se são números, letras e a qual função destina-se aquele QR (Figura 4).

Figura 4 - Representação de *QR Code*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O código já está em sua 40ª versão, a maior delas em relação à quantidade de pixels, possibilitando uma matriz de 177 x 177 pixels. O menor por sua vez é a primeira versão do código, com apenas 21 x 21 pixels. Os *QR Codes* são capazes de armazenar uma quantidade significativa de caracteres numéricos e é um meio para transmitir rapidamente informações a dispositivos móveis (ALMEIDA, 2019). Um QR Code Versão 40 pode conter 7.089 caracteres numéricos ou 4.296 caracteres alfanuméricos.

Para melhor identificação da composição do código, aponta-se na Figura 5 as informações contidas nos pixels e sua importância na hora da leitura do código. Dividido em: padrão de busca (do inglês, *finder pattern*), padrão de alinhamento (*alignment pattern*), padrão de tempo (*timing pattern*), informações do formato (*format*

info), versão do código (*version info*), dados codificados (*encoded data*) e margens ou zonas silenciosas (*quiet zones*).

Figura 5 - Composição do *QR Code*.



Fonte: Adaptado de AMRUTKAR *et al.*, (2017)

- **Padrão de busca**

São três quadrados grandes posicionados nas extremidades do código com finalidade de identificar que este código é do tipo QR. Devido à sua localização e quantidade, esse aspecto possibilita a detecção em todas as direções de leitura.

- **Padrão de alinhamento**

Este é um padrão utilizado para corrigir uma possível distorção presente no momento da leitura do código. Ou seja, mesmo que o código esteja impresso em uma superfície curva, a sua leitura será realizada.

- **Padrão de tempo**

Encontra-se presente horizontal e verticalmente entre os 3 padrões de busca. São pixels pretos e brancos alternados que facilitam a identificação dos dados individuais dentro do *QR Code* e é especialmente útil quando o código está danificado ou distorcido.

- **Informações do formato**

As informações do formato são colocadas em torno do padrão de busca e possuem dados como o modo de máscara de dados selecionado e a tolerância a erros do código. Possibilitando maior facilidade no momento da digitalização.

- **Versão do código**

Esse elemento indica qual o tipo do código QR é usado no processo de codificação. Existem 40 tipos de códigos QR, mas os códigos de 1 a 7 são os mais usados.

- **Dados codificados**

Essa é a área responsável por conter os dados codificados para leitura. Ela possui a capacidade de leitura do código mesmo que os dados estejam danificados ou com algum tipo de sujeira.

- **Zonas silenciosas**

Trata-se de uma margem ou zona onde não há dados codificados. É um espaço limpo que serve para comunicar ao dispositivo decodificador o que é e o que não faz parte do código QR.

Segundo Winicius Soares da Silva (2020), promotor técnico da Reymaster Materiais Elétricos, o QR é um código que pode ser utilizado em todos os setores da indústria, muito utilizado em almoxarifado, motores e máquinas no geral, seja para simples classificação ou manutenção.

Um dos critérios para determinar o crescimento de um país está no desenvolvimento de meios eletrônicos; ou seja, máquinas que nos ajudem no dia a dia” (DIAS E. M., 2009). Diante disso, destaca-se que a crescente presença do *QR code* na indústria vem trazendo consigo vantagens como um significativo aperfeiçoamento na comunicação entre sistemas e facilitando a manutenção.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada através da revisão de literatura em artigos, trabalhos acadêmicos e endereços eletrônicos na internet a fim de identificar métodos de aplicação da tecnologia dos *QR Codes* na otimização da manutenção elétrica industrial. Aliado à pesquisa, apresentou-se um estudo de caso de uma aplicação prática dos códigos na rotina industrial. Por fim, realizou-se uma pesquisa de satisfação com os colaboradores sobre a utilização dos *QR Codes* na manutenção.

O estudo foi desenvolvido em uma grande fábrica cimenteira localizada na cidade de Alhandra, na Paraíba, durante os meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2021 e janeiro e fevereiro do ano de 2022. A empresa pertence a uma multinacional e a unidade em questão é responsável pelo abastecimento de cimento no estado paraibano e por vendas para outros estados brasileiros.

O estudo de caso observou a aplicação de *QR Codes* na identificação de diagramas elétricos dos painéis das salas elétricas na planta fabril. A atividade buscou facilitar a identificação dos arquivos durante a realização de ocorrências, onde muitas das vezes, diante da urgência na substituição de equipamentos, a necessidade de acesso aos diagramas elétricos dos painéis era lenta e imprecisa.

4.2 UNIVERSO, AMOSTRAGEM E AMOSTRA

O estudo foi realizado em uma sala elétrica responsável pelo abastecimento e acionamento de motores e equipamentos da área do forno principal da fábrica. No caso, essa era a única sala elétrica com disponibilidade de conexão com internet via wi-fi. A planta abriga um total de 10 subestações de energia, sendo 1 subestação principal responsável por baixar a tensão de alimentação de 230 kV para 6,6 kV e 9 subestações secundárias responsáveis por baixar a tensão de 6,6 kV para 440 V para alimentação de motores e áreas administrativas.

Cada sala elétrica acomoda os transformadores abaixadores (responsáveis pela transformação de 6,6 kV para 440 V), os centros de controle de motores (CCM), o painel incoming (que é o painel alimentado em 6,6 kV antes do rebaixamento da tensão para 440 V), hacks para internet, painéis elétricos de comando e de potência de máquinas e equipamentos industriais.

Os painéis elétricos utilizados para o estudo representam um total 40 unidades, dos quais 36 obtiveram êxito na elaboração da atividade. Sendo necessária a geração de 38 *QR Codes* no total e centenas de arquivos entre diagramas, manuais e listas de equipamentos.

4.3 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

Para a realização do estudo, escolheu-se uma sala elétrica, dentre as 10 existentes na planta da fábrica, que possui acesso à internet via wi-fi. Essa necessidade de conexão com a internet é fundamental para o procedimento. Realizou-se a identificação das TAGs dos painéis. Onde o tagueamento é um processo de etiquetagem de motores e equipamentos, em resumo, é uma espécie de identidade de cada máquina para facilitar sua localização ao longo da fábrica.

Observou-se quais motores ou equipamentos estão ligados aos painéis e quais os esquemas de conexão de dados via Ethernet que estão conectados junto à automação no centro de operações da planta industrial.

4.4 ANÁLISE E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Os arquivos referentes aos equipamentos, motores, diagramas elétricos e layouts das salas elétricas estavam disponibilizados no software *Sharepoint* da Microsoft®. Essa é a maneira mais segura e dinâmica para armazenar esses tipos de dados institucionais. Contudo, a disposição desse material encontrava-se dispersa, em duplicidade ou em variadas versões de alterações de projeto, dificultando a identificação da real configuração utilizada na área fabril.

Mediante verificação com técnicos e gestores responsáveis, realizou-se a averiguação dos arquivos existentes e a identificação da atual disposição do sistema elétrico e as configurações de instalação dos painéis e equipamentos. Aliado aos TAGs dos painéis de acionamento de motores, criou-se um acervo digital no *Sharepoint* para mapear os diagramas elétricos existentes de cada painel para que os mesmos fossem acessados via códigos do tipo QR diretamente da porta dos painéis elétricos. Garantindo assim a segurança e a rápida viabilidade da informação durante a necessidade de utilização em uma ocorrência elétrica.

O primeiro passo para a criação do acervo digital foi a criação de uma página no *Sharepoint* com uma pasta para cada sala elétrica da fábrica. Dentro da pasta da sala referida, foram criadas pastas para cada painel e CCM dispostos na sala elétrica. Nessas pastas eram inseridos os diagramas elétricos da instalação presente no painel, bem como seus manuais e arquivos referentes à comunicação Ethernet com o setor de automação e controle da unidade.

Todo o processo de análise dos arquivos existentes durou cerca de 3 meses. Os diagramas ainda foram requalificados e organizados em arquivos únicos para cada tipo de gaveta elétrica presente no painel. Garantindo a certeza na identificação do diagrama ao utilizar o *QR code*. Com os arquivos devidamente separados, requalificados e organizados da maneira correta, o processo de geração dos códigos QR até a instalação física no local durou cerca de 2 meses.

Inicialmente, a geração das etiquetas de *QR Code* foi realizada através do site gerador *Gerar QR code* (<http://gerarqrcode.com>) no ano de 2021, mas atualmente esse site encontra-se indisponível. Devido à indisponibilidade, optou-se pela continuidade da geração dos códigos através do site *QR Code Monkey* (qrcode-monkey.com). Um site gratuito que possibilita a criação de *QR Codes* para as mais variadas finalidades.

5 APLICAÇÃO DOS QR CODES NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Nas últimas décadas, o setor industrial foi caracterizado por inúmeras transformações. A forte concorrência e o constante avanço tecnológico forçam as empresas a estarem sempre atualizadas e eficientes em todos os seus processos. Portanto, otimizar os processos industriais com novas tecnologias é uma alternativa certa para crescer e se destacar em relação às concorrentes.

Como o quantitativo da participação industrial no Brasil está crescendo a cada ano, segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o país já conta com aproximadamente 700 mil indústrias. Contudo, em 2021, segundo a *Sondagem Especial Indústria 4.0*, da CNI, o Brasil já apresenta um percentual de 69% de indústrias adeptas ao uso da tecnologia em suas linhas de produção.

Já para a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a participação da indústria 4.0 no Brasil poderá contribuir para uma economia de no mínimo R\$73 bilhões no total dos custos industriais por ano. Como exemplo, pode-se mencionar a utilização de inteligência artificial por parte da Vale, uma das maiores mineradoras do mundo. Na qual a mesma conseguiu uma economia de US\$50,5 milhões no ano de 2017 com investimentos em IA e Big Data. A Vale ainda economizou cerca de US\$5 milhões em pneus com investimentos em sensoriamento dos caminhões da mineração, segundo informações do site *Siteware.com.br*.

Esse aumento do uso de tecnologia em indústrias tornou-se notório também com uma prática que está se tornando cada vez mais presente nas unidades fabris de todo o país, a utilização de etiquetas do tipo *QR code* na otimização da manutenção. Esses códigos aplicados ao longo da planta ajudam na facilitação dos processos rotineiros da manutenção com maior praticidade e segurança.

Uma informação importante é que o *QR code* por si só não será responsável pela mudança na rotina fabril, mas o investimento em sistemas capazes de trabalhar com leitura dos códigos para desempenhar funções específicas. Esse será o maior investimento para a utilização deste tipo de tecnologia.

Dentre os mais variados benefícios das aplicações dos *QR Codes* podemos relacionar:

- A redução do tempo de manutenção (conhecido como MTTR, será explicado posteriormente);
- Acompanhamento em tempo real das atividades realizadas;
- Melhor coleta de dados através da interação com máquinas e equipamentos;
- Gestão de recursos para alocação das atividades;
- Informações sobre custos de materiais utilizados em cada manutenção;
- Acompanhamento de indicadores na apresentação de resultados.

Diante dos benefícios apresentados, foram listados alguns possíveis cenários de implementação do *QR code* nos quais a sua utilização otimiza a manutenção elétrica industrial:

- **Treinamentos**

A realização de treinamentos e reciclagens de treinamentos para toda a equipe poderia tornar-se mais dinâmica.

- **Execução de atividades**

Sabe-se que a execução de atividades envolvendo eletricidade assume um alto risco à segurança dos colaboradores. A implantação de *QR code* com o passo a passo dos procedimentos sequenciais e seguros antes da execução das atividades garante ao técnico a sua perfeita realização.

- **Informações técnicas**

Antes da atividade, o técnico electricista deve estar ciente do status de operação do equipamento (autorizado ou não autorizado); especificações técnicas do equipamento (tensão, corrente, potência, tipo de ligação); alertas sobre a operação naquele equipamento em específico; o histórico de manutenções realizadas; ferramentas necessárias para a atividade; periodicidade das manutenções; etc.

- **Comunicação com o setor de PCM**

Uma maneira muito útil de aplicação pode ser observada para a comunicação com o setor de planejamento. Utilizando do QR para a geração de e-mail informativo caso haja alguma pendência ou parada de máquinas na área. Os setores da manutenção e da produção estariam cientes da ocorrência e prontos para tomar as atitudes referentes à solução do problema no menor tempo possível.

Outra possibilidade está ligada à visualização de relatórios com o controle dos indicadores de resultados mensais. Estes ficariam disponíveis para análise dos gestores, gerentes e colaboradores em geral. Este ato colabora para o controle da tomada de decisões diante das reuniões de programação das ações preventivas e corretivas que ocorrem semanalmente.

- **Requisição de materiais**

A requisição de materiais junto ao almoxarifado ou aplicações para pedidos de compras são atividades constantes durante a realização de manutenções. Todo esse processo é um tanto burocrático e necessita de no mínimo 3 colaboradores em algumas fábricas. Essa aplicação traz maior autonomia para equipe e agilidade na execução da manutenção.

- **Retorno das atividades**

Algumas atividades são executadas mediante checklist, como o caso das inspeções visuais, térmicas e de vibrações. Após a checagem dos itens a se inspecionar, um relatório deve ser elaborado com as observações. A utilização do *QR code* para tal prática possibilita a confecção desses relatórios ainda em área, em tempo real. Essa agilidade na administração do tempo dos inspetores possibilita manter o retorno das inspeções em dia e impede possíveis atrasos com o plano de manutenção.

- **Interação com outras tecnologias**

Atualmente, diversas marcas e produtos que utilizam a integração entre tecnologias estão disponíveis. Neste caso, uma aplicação do QR code seria para a utilização de softwares de visão expandida de equipamentos, tecnologia que está se tornando cada vez mais presente no dia a dia de indústrias que apresentam atividades de risco. Essa prática é bastante empregada em treinamentos ou em simulações antes do técnico realizá-la em campo, onde é possível identificar o processo de desmontagem do equipamento, método correto de execução e informações adicionais.

Outra aplicação é o acompanhamento remoto em tempo real entre dois técnicos ou entre equipe executante e a liderança responsável pela manutenção. Devido às demandas que toda indústria possui, nem todos os dias a equipe da manutenção encontra-se disponível presencialmente. Essa prática do acompanhamento remoto possibilita a participação nas atividades sob forma de mentoria, garantindo assim a realização da manutenção.

6 QR CODES NA IDENTIFICAÇÃO DE DIAGRAMAS ELÉTRICOS

6.1 AMBIENTE DE ESTUDO

Um exemplo de aplicação dos códigos QR na manutenção elétrica industrial pôde ser implementado em uma grande fábrica cimenteira localizada na cidade de Alhandra, na Paraíba. A planta da fábrica abriga um total de 10 subestações de energia.

Figura 6 - Sala elétrica industrial.



Fonte: Fotografia captada pelo autor.

Nessas salas, as equipes de manutenção elétrica necessitam de acesso aos manuais dos equipamentos e aos diagramas elétricos atualizados referentes a cada painel existente para a realização de manutenções preventivas e eventuais corretivas. Nas Figuras 6 e 7 é possível identificar a organização e disposição dos painéis elétricos.

Figura 7 - Painel elétrico do CCM.

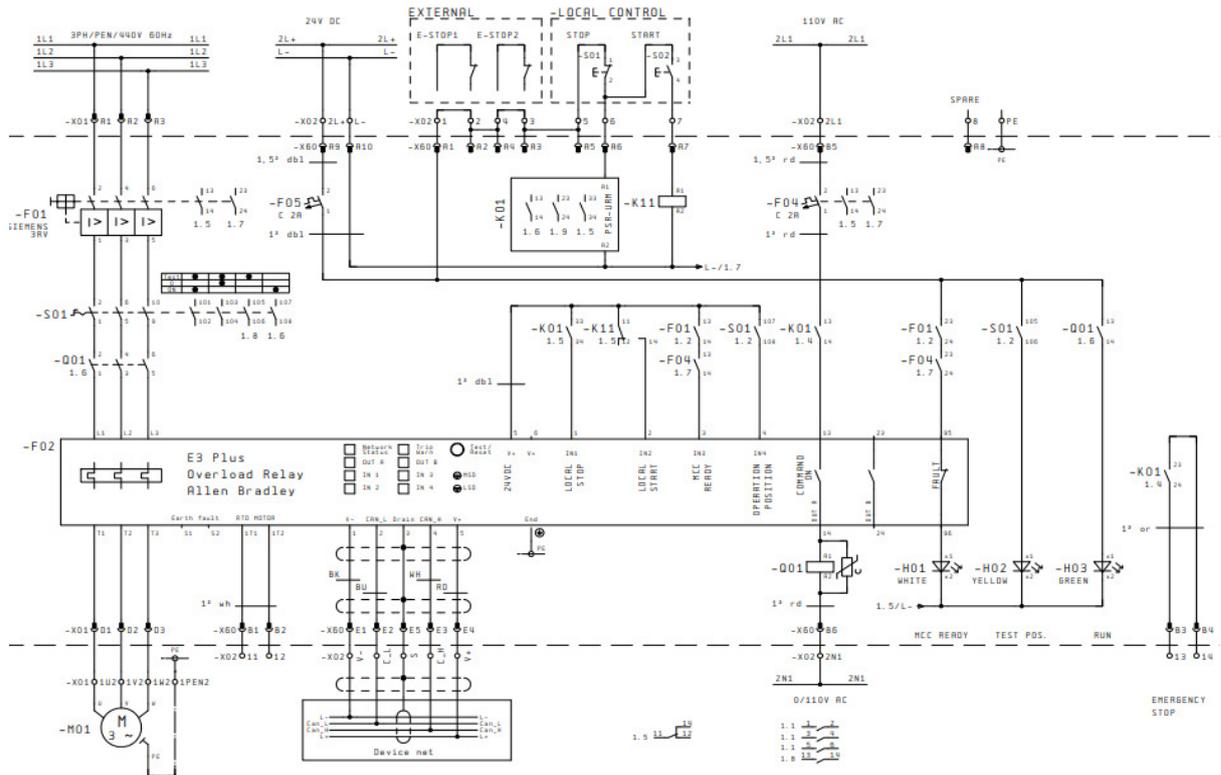


Fonte: Registro realizado pelo autor.

Por se tratar de uma indústria com constantes alterações em suas instalações elétricas, seja pela atualização de equipamentos e suas automações, substituições programadas ou eventuais correções por defeito ou manobras de emergência, as instalações e seus diagramas por vezes se tornam desatualizados. Isso ocasiona uma dificuldade muito comum enfrentada pelas equipes e pelos técnicos de plantão.

No momento de uma ocorrência, a identificação do local e de possíveis soluções dependem muito dos diagramas elétricos. Uma exemplificação de diagramas trabalhados nessa indústria pode ser observada na Figura 8. Com isso, a constante atualização e organização dessas informações torna-se primordial para a manutenção, tanto com relação à segurança da unidade como em função da eficiência na execução das atividades, tornando-se mais ágil e confiável.

Figura 8 - Diagrama de gavetas elétricas do CCM.



Fonte: Material disponível nos arquivos online da fábrica cimenteira.

6.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO

Para uma melhor compreensão de todo o processo de produção do cimento, a fábrica apresenta as etapas de britagem primária e secundária, na qual enormes pedras de calcário são extraídas da mineração e reduzidas através de britadores e moinhos a pedregulhos de poucos centímetros. Em seguida, esse material é homogeneizado para passar pelo forno rotativo a uma temperatura superior aos 1400°C e ser transformado no que é conhecido como clínquer, a base do cimento, que seria uma espécie de cimento bruto.

Saindo do forno, o clínquer é resfriado para mais ou menos 200°C e adicionado uma mistura de gesso, calcário e argila para serem triturados em um moinho de bolas. Essa adição de material é necessária para que seja possível a manipulação do cimento. Caso contrário, ao adicionar água, o clínquer iria endurecer em poucos segundos.

Após a moagem final, o cimento é armazenado em silos e segue para o ensacamento, onde o produto final pode ser direcionado para o estoque ou diretamente para o carregamento de cargas em caminhões. A imagem ilustrada na Fig9 exemplifica todo o processo relatado anteriormente.

Figura 9 - Fluxo de fabricação do cimento.



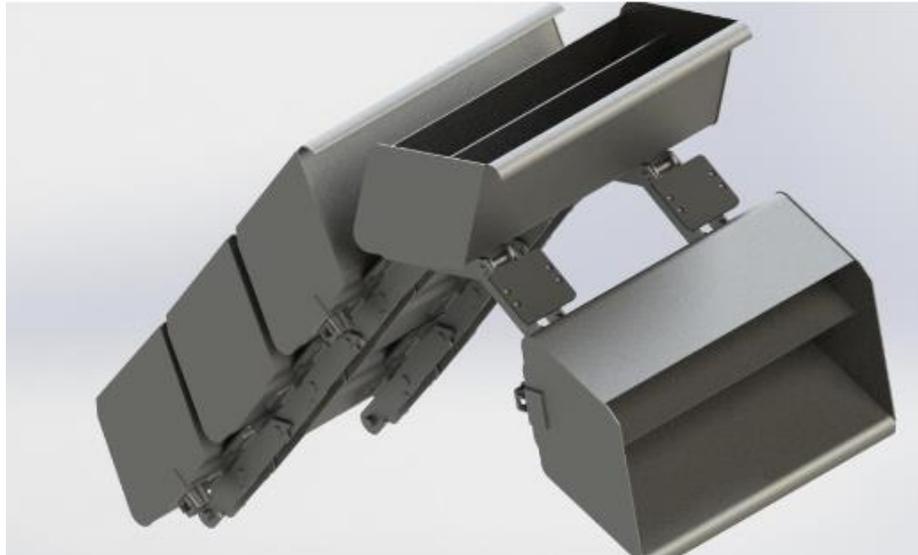
Fonte: Disponível em: cimentomaua.com.br

6.3 ANÁLISE DA OCORRÊNCIA

Compreendido o processo de produção do cimento, destaca-se que na unidade cimenteira em questão houve uma ocorrência em outubro de 2021, na qual o forno rotativo principal se manteve parado por um total de quase 9 horas, impactando em prejuízos para a fábrica.

A razão da parada foi uma pane no inversor do transportador metálico (Figura 10), equipamento responsável por transferir o clínquer recém aquecido pelo forno até os silos de clínquer. A equipe de plantão encontrava-se encarregada de identificar o erro, possíveis soluções e realizar o reparo. Ao identificar o motivo causador da parada do forno, os plantonistas foram designados a substituir o inversor danificado por um em bom estado.

Figura 10 - Representação do transportador metálico.



Fonte: Disponível em: <https://mmcmetalurgica.com.br/produtos/transportador-metalico/>

A dificuldade na realização da operação ocorreu devido à incompatibilidade de equipamentos, sendo necessário substituir o inversor danificado por outro que estivesse apto a funcionar no local sugerido. Infelizmente as ligações elétricas do inversor substituído não eram as mesmas e a equipe plantonista necessitava do diagrama elétrico para execução da atividade.

Uma grande dificuldade nessa ocorrência foi a identificação dos diagramas elétricos necessários para a instalação do inversor no local correto. Fator este que durou cerca de 3 horas devido ao fato de ser em um dia de feriado, ou seja, sem expediente administrativo e, o horário avançado do ocorrido, pois toda a operação já acontecia durante a madrugada.

Vale salientar que nas salas elétricas é possível a identificação de alguns diagramas impressos e deixados no recinto. Estes por sua vez encontram-se desgastados pelo tempo e sujeira, desatualizados e muitos com rabiscos para indicar possíveis alterações das instalações. É possível ainda identificar a presença de diagramas dentro dos painéis elétricos. Essa atividade vai de encontro ao subitem 10.4.4.1 da NR-10, que informa que os locais de serviços elétricos, compartimentos e invólucros de equipamentos e instalações elétricas são exclusivos para essa finalidade, sendo expressamente proibido utilizá-los para armazenamento ou guarda de quaisquer objetos.

6.4 UTILIZAÇÃO DE QR CODES NA MANUTENÇÃO ELÉTRICA DA FÁBRICA

Diante dessa problemática, a equipe de manutenção elétrica optou por uma alternativa que tornasse mais dinâmica toda a rotina da execução da manutenção. Decidiu-se então pela criação de um acervo digital com os diagramas elétricos dos painéis presentes nas salas elétricas na fábrica. Todo esse material deveria ser acessado através de etiquetas do tipo *QR Code*, onde só poderiam ter acesso aos documentos os colaboradores com e-mail corporativo. Dessa forma, ficaria garantido a segurança dos arquivos disponíveis para visualização.

Um ponto a se destacar na criação do acervo foi a dificuldade inicial da localização e identificação dos documentos corretos referentes a cada equipamento. Apesar de ser um processo lento, essa atividade teve a necessidade de ser refeita sempre que precisasse da certificação das ligações elétricas ou de informações específicas de determinado equipamento. Além do fato de que a equipe responsável pela manutenção se submetia a outro funcionário sempre que quisesse ter acesso à documentação.

O processo para identificação dos documentos durou cerca de 2 meses e a organização dos arquivos foi realizada seguindo o seguinte padrão:

- Tipo (diagramas elétricos, manuais de equipamentos, arquivos relacionados à rede Ethernet e tipos de acionamentos);
- Gaveta extraível (qual gaveta de acionamento destinava-se os arquivos);
- Paineis (inversores, CCM, filtro de mangas, carregador de baterias, painéis de distribuição etc.);
- Sala elétrica (identificação da sala referente à planta da fábrica).

Como consequência, a criação do acervo e a elaboração das etiquetas mostraram eficácia já nas primeiras semanas. Durante as manutenções periódicas na sala elétrica, a equipe de plantão utilizou-se da novidade para garantir a correta ligação dos equipamentos com a segurança das informações e toda a praticidade que estava à disposição (Figura 11).

Figura 11 - Utilização dos *QR Codes* nos painéis elétricos.



Fonte: Registrado pelo autor.

6.5 RESULTADOS

Depois de todo processo para averiguar, organizar e elaborar o mapeamento dos painéis e arquivos atualizados e a confecção dos *QR Codes*, agregou-se à equipe a independência na realização das atividades. Essa facilidade na realização das manutenções contribui para diminuir o conhecido MTTR (*Mean Time to Repair*), que em português significa Tempo Médio para Reparo. O MTTR é um indicador de desempenho bastante utilizado nas manutenções, no qual sua representação é um número que quanto menor, melhor. Quanto a isso, vale salientar que:

1. Não existe um valor fixo de referência a se seguir. Cada equipamento, máquinas e até mesmo equipes possuem um MTTR diferente.
2. Utiliza-se o MTTR para indicar apenas equipamentos reparáveis já que ele representa o tempo médio para reparo;
3. Exigir um menor valor do MTTR pode induzir a equipe ao erro. As equipes podem pular etapas a fim de finalizar a manutenção no menor tempo possível;
4. O MTTR deve ser mantido baixo realizando todos os procedimentos operacionais de maneira correta e com a utilização de ferramentas e dispositivos que auxiliem na execução da manutenção.

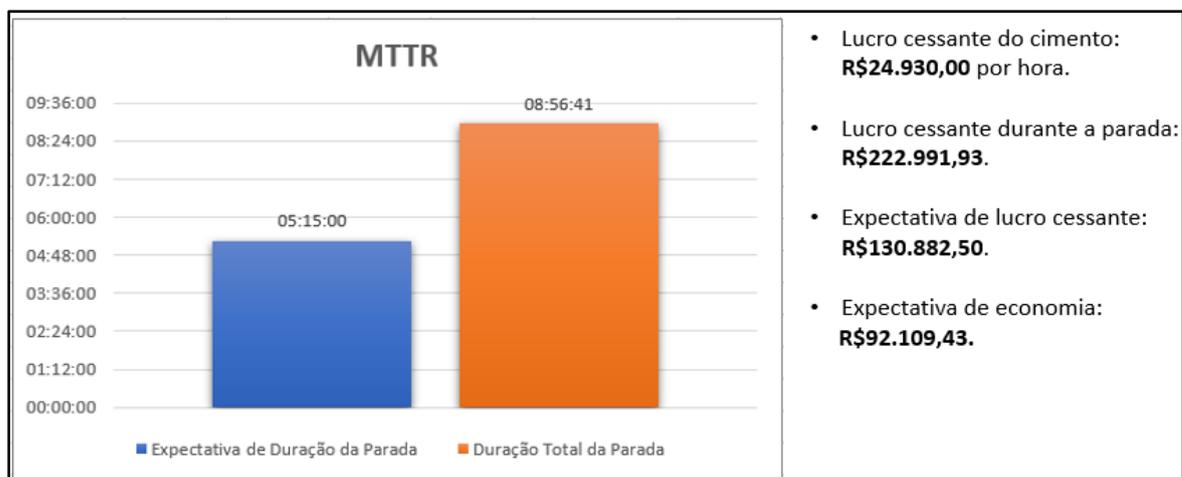
Para se calcular o indicador MTTR, deve-se realizar um cálculo matemático do somatório de todos os tempos de paradas para manutenção em um determinado equipamento e dividir pelo número de intervenções realizadas neste mesmo equipamento, como descrito na equação:

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Tempos de reparo do equipamento}}{\text{Quantidade de intervenções realizadas}}$$

No caso motivador para idealização do projeto, toda a atividade durou aproximadamente 9 horas desde a identificação do problema, a busca pela solução e a execução da atividade. Tendo em vista a aplicação desse indicador, caso a utilização dos *QR Codes* já estivesse em prática, a expectativa de realização da atividade seria de 5 horas e 15 minutos. Ou seja, quase 4 horas de diferença que resultariam em economia financeira para a empresa de cerca de R\$92.109,43. Esse valor seria suficiente para pagar o equivalente a 1 ano das despesas com a conta de energia dessa unidade fabril.

O lucro cessante é um valor representativo do que a empresa deixa de lucrar no caso de uma parada em sua produção. Na época da ocorrência, o lucro cessante estava em R\$24.930,00 por hora. No Gráfico 1 ilustra-se uma representação do comparativo horário caso a aplicação dos *QR Codes* estivesse em funcionamento no momento do ocorrido.

Gráfico 1 - Diferença do MTTR real e a expectativa de duração da atividade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

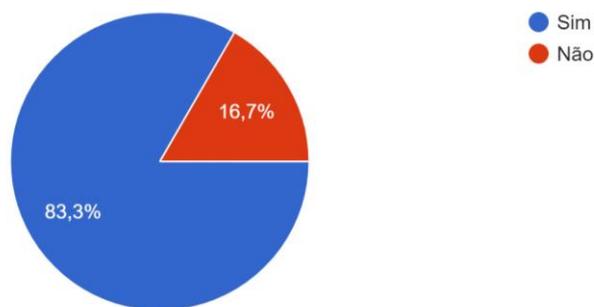
Levando-se em consideração os resultados obtidos, foi realizada uma pesquisa de satisfação através do *Google forms* com a equipe de manutenção elétrica a respeito da ideia do projeto e da utilização dos códigos na rotina das atividades. A pesquisa contou com a colaboração de 18 pessoas, entre técnicos e gestores, para saber a respeito da implantação dos *QR Codes*, suas funcionalidades e possíveis aplicações em outras áreas da fábrica.

O resultado da pesquisa está disposto a seguir, em que se apresentam gráficos com o percentual de respostas coletadas para diversas perguntas.

Analisando o Gráfico 2, relativo à primeira pergunta, observa-se que a grande maioria dos participantes da pesquisa já utilizaram a tecnologia dos *QR Codes* anteriormente, demonstrando uma familiaridade com o método de execução da leitura dos códigos.

Gráfico 2 - Pergunta 1 do formulário de satisfação do projeto.

Você já utilizou algum QR Code antes?
18 respostas



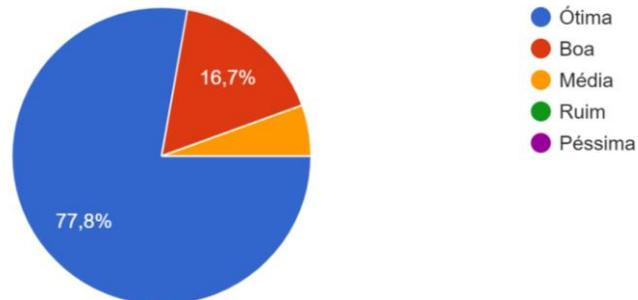
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 3 relaciona-se à ideia da aplicação dos *QR Codes* nas salas elétricas, onde se observa que foi obtida uma boa aceitação da equipe. Sendo que quase 78% do total achou a ideia ótima, 16,7% julgaram como uma boa ideia e apenas 1 dos entrevistados optou por neutralizar sua opinião.

Gráfico 3 - Pergunta 2 do formulário de satisfação do projeto.

Como você avalia a ideia de aplicação dos QR Codes nas salas elétricas?

18 respostas



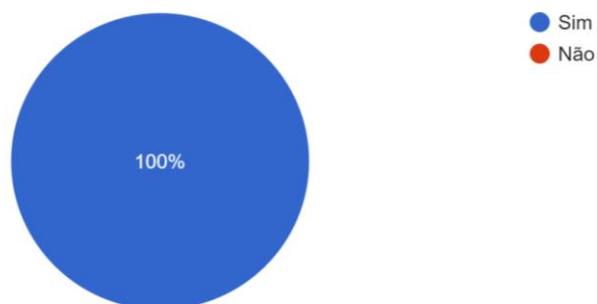
Fonte: Elaborado pelo autor.

A pergunta 3 do formulário buscava compreender se o objetivo da aplicação dos *QR Codes* foi alcançado. No caso, a identificação dos diagramas referentes àquele painel elétrico referido. Como ilustrado no Gráfico 4, o projeto obteve 100% da aprovação dos seus usuários no que se refere à localização dos arquivos desejados. Esse resultado trouxe muita satisfação tendo em vista que todo o trabalho foi recompensado e ainda permitiu a ideia de temática para a criação desde trabalho.

Gráfico 4 - Pergunta 3 do formulário de satisfação do projeto.

Você conseguiu encontrar o diagrama elétrico que desejava com a utilização do QR Code?

18 respostas



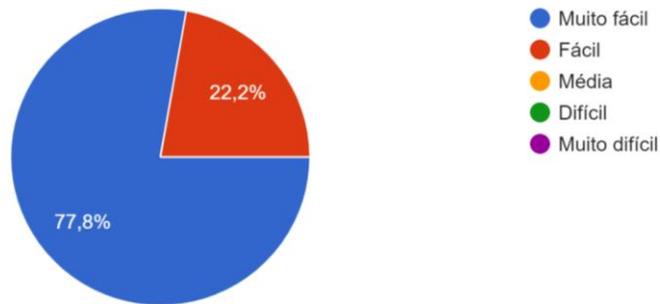
Fonte: Elaborado pelo autor.

A pergunta 4 refere-se à dificuldade de utilização dos *QR Codes* na identificação dos diagramas elétricos. Pode-se observar no Gráfico 5 que 77,8% consideram uma operação muito fácil de ser realizada. Já 22,2% admitiram fácil

mediante a leitura ser precisa e direta, mas não conseguiram em primeira tentativa encontrar o aplicativo para leitura do código.

Gráfico 5 - Pergunta 4 do formulário de satisfação do projeto.

Como você avalia a utilização dos QR Codes no dia a dia da manutenção elétrica?
18 respostas

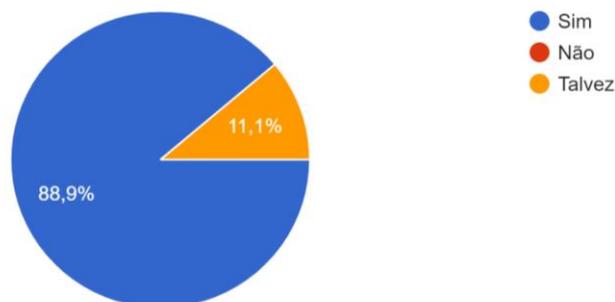


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na última pergunta (Gráfico 6), quase 89% dos entrevistados concordam que a utilização de *QR Codes* em outras áreas da fábrica iria auxiliar a manutenção de forma positiva. Apenas 11,1% responderam que talvez mediante as dificuldades para aplicar em toda planta. Todavia, consideram que é uma ideia que pode ser trabalhada ao longo do tempo.

Gráfico 6 - Pergunta 5 do formulário de satisfação do projeto.

Você acredita que a utilização de QR Codes iria auxiliar a manutenção em outras áreas da fábrica?
18 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho procurou compreender acerca da aplicação de *QR Codes* nos ambientes industriais como um método que auxilia nos processos de planejamento e execução das manutenções elétricas. Junto a isso, foi apresentado um estudo de caso de aplicação em uma indústria cimenteira no estado da Paraíba.

A escolha da temática está ligada ao fato de ser um tópico que está se popularizando nas indústrias mundo afora. O aumento da adesão da indústria 4.0 já é realidade e não deveria mais ser considerada como uma idealização futurista, pois onde quer que se olhe percebe-se a presença de tecnologias inteligentes e conectadas entre si. Discutir sobre a utilização dos *QR Codes* como uma forma de entrada para uma indústria conectada amplia o nosso olhar para os métodos utilizados há décadas para a realização dos planejamentos e das execuções das manutenções industriais. E por se tratar de uma etiqueta de fácil confecção e aplicação e contar com uma tecnologia presente em nossos bolsos para sua leitura, os *smartphones*, os *QR Codes* adquirem um papel importante na rotina fabril.

Durante a pesquisa, foram encontrados diversos casos de possíveis aplicações dos códigos em uma rotina fabril. Para isso, o investimento em sistemas interligados e a presença de equipamentos com tecnologia adequada para utilização continuam sendo os maiores gastos para o uso desta tecnologia. No entanto, como demonstrado no estudo de caso, há casos em que a presença de códigos impressos e a conexão com sistemas em nuvem já garantem uma ótima funcionabilidade com custos irrisórios.

Quanto aos objetivos específicos deste trabalho, foi possível alcançá-los ao destacar as melhorias que poderiam ser captadas com a aplicação dos *QR Codes* no planejamento das manutenções elétricas. Também foram apresentados como essa tecnologia pode ser benéfica e quais procedimentos nas execuções das manutenções elétricas poderiam ser auxiliados ao implantar os códigos *QR*, garantindo a independência da equipe em momentos de plantão e aumentando a confiabilidade técnica na realização das atividades. Por fim, a demonstração de utilização prática dos códigos em uma fábrica cimenteira paraibana serviu de prova de que a transformação na rotina pode começar pelo simples. E o simples pode trazer resultados transformadores como economia de tempo e dinheiro.

Por se tratar de um recurso que está se popularizando nas fábricas do Brasil nos últimos anos, durante as pesquisas foram encontradas aplicações muito específicas ou de forma bem generalista. Este fator foi, em certos momentos da realização do trabalho, algo que dificultou a busca e aquisição de dados para alcançar o objetivo da pesquisa.

A respeito da utilização no exemplo destacado, não há como mensurar com exatidão a melhoria devido ao pouco período de utilização dos *QR Codes* por parte da equipe de manutenção da fábrica.

Outra questão qualitativa diz respeito à organização dos documentos das salas elétricas e a diminuição no uso de papéis, já que o material impresso por vezes ficava deteriorado devido às condições do ambiente ou até mesmo encontrava-se defasado.

A presença de um acervo online contribui não só para organização dos dados, mas para a atualização das informações técnicas. Ao passo que o URL (em inglês, é a sigla de Uniform Resource Locator, e em português significa Localizador Padrão de Recursos) permanecerá o mesmo e o que irá mudar são os arquivos por versões mais atualizadas. Dessa forma, não haverá a necessidade de geração de novos códigos QR, basta utilizar os já existentes.

Portanto, é importante reforçar o fato de que a aplicação na unidade fabril se tratava de um projeto piloto que tinha a pretensão de se expandir para outras áreas da fábrica mediante resultados satisfatórios. Vale ressaltar que até o momento da realização deste trabalho a equipe de manutenção aderiu de forma aceitável aos *QR Codes* e já procura meios de utilizar em outras áreas da fábrica.

Diante de todo o exposto, conclui-se que a apresentação de um quantitativo maior de informações a respeito da aplicação prática foi devido ao curto intervalo de tempo para avaliação e comparação de resultados, bem como limitações organizacionais por parte da empresa escolhida para estudo com relação ao acesso às informações de execução das atividades.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma correlação entre atividades que utilizem os *QR Codes* e atividades sem a utilização dos códigos e uma possível aplicação de sistema capaz de gerir todo o fluxo de informações em uma central de dados para controle do planejamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMRUTKAR, Milind; PALSOKAR, D. A.; RAIBAGKAR, A. P. QR code-based stock management system. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 4, n. 6, p. 5606-5611, 2017. Disponível em: <<https://tinyurl.com/2p9bxzwf>>. Acesso dia: 14 de junho de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2004. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>> Acesso em: 9 de março de 2022.

FILHO, G. B. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. Manutenção Elétrica. **Apostila Didática– Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Cornélio Procópio–PR**, 2013.

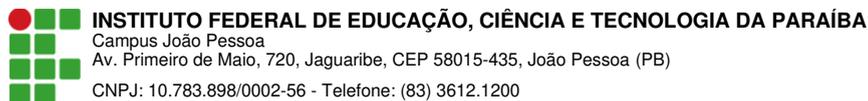
MILASCH, Milan. **Manutenção de Transformadores em Líquido Isolante**, 2012. p. XI.

SANITÁ, Willian Matheus; DE CAMPOS, Ronaldo Ribeiro. PCM: planejamento e controle de manutenção. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 673-685, 2020. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/791/505>>. Acesso dia: 23 de março de 2022.

SOON, Tan Jin. QR code. **synthesis journal**, v. 2008, p. 59-78, 2008. Disponível em: <https://foxdesignsstudio.com/uploads/pdf/Three_QR_Code.pdf>. Acesso dia: 23 de março de 2022.

SANTOS, Natália Souza dos et al. **Planejamento e controle da manutenção na Indústria 4.0**. 2019. Disponível em: <MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0.pdf (idaam.edu.br)> . Acesso dia: 27 de março de 2022.

TELES, Jhonata. Planejamento e Controle da Manutenção na Indústria 4.0. **Engeteles**. Brasília, 5 de dezembro de 2017. Disponível em <<https://engeteles.com.br/pcm-na-industria-4-0/>>. Acesso dia: 7 de junho de 2022.



Documento Digitalizado Restrito

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Assunto: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Assinado por: Jonathan Ideiao
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Jonathan Ideião Fernandes, ALUNO (20162610030) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 23/03/2023 15:27:44.

Este documento foi armazenado no SUAP em 23/03/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 788643
Código de Autenticação: cde71d1c07

