



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E BIOMÉDICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DANIELLY PRISCILA RIBEIRO CARRERA

**ESTUDO DE CASO DA ADAPTAÇÃO DO KANBAN PARA O CENTRO DE
COMPETÊNCIA DE INVERSORES DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO DA ENERGIA
DA HYDRO ALUNORTE**

BELÉM-PA

2025

DANIELLY PRISCILA RIBEIRO CARRERA

**ESTUDO DE CASO DA ADAPTAÇÃO DO KANBAN PARA O CENTRO DE
COMPETÊNCIA DE INVERSORES DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO DA ENERGIA
DA HYDRO ALUNORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica (FEEB) do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Walter Barra Junior

Coorientador: Me. Getulio Furtado Pantoja Neto.

BELÉM-PA

2025

DANIELLY PRISCILA RIBEIRO CARRERA

**ESTUDO DE CASO DA ADAPTAÇÃO DO KANBAN PARA O CENTRO DE
COMPETÊNCIA DE INVERSORES DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO DA ENERGIA
DA HYDRO ALUNORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica (FEEB) do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Data da aprovação: ____/____/____

Conceito:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr Walter Barra Junior

(FEEB/ITEC/UFPA) - Orientador

MSc. Getulio Furtado Pantoja Neto

(Ge. Manutenção Elétrica, Subestações/Norsk Hydro) -
Coorientador

Prof. Dr. Carlos Tavares da Costa Júnior

(FEEB/ITEC/UFPA) – Examinador interno

MSc. Carlos Roozembergh Porto da Silva Junior

(FEEB/ITEC/UFPA) – Examinador interno

Ao SENHOR que me sustenta até o meu último dia. Aos meus pais, que me motivam e me apoiam sempre. Ao meu avô Carrera e a minha avó Catarina por seu amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi dedicado ao SENHOR, a meus pais e meus avós Carrera e Catarina, por sempre estarem comigo e me amarem incondicionalmente. Agradeço primeiramente ao SENHOR, que acalmou o meu coração e me guardou durante desde o princípio.

Agradeço aos meus pais, Solange e Darlindo, por lutarem para que as suas filhas pudessem estudar e se formar. Vocês dois são o meu espelho e com a graça de Deus, todas as minhas conquistas de antes, de hoje e de amanhã serão resultado de toda a luta de vocês.

Agradeço a minha avó Catarina, que me alimentava muito bem mesmo quando não tinha pão e me deu o maior ensinamento: o amor e a obediência a Deus. Me mostrou que mesmo o mundo desmoronando, devemos manter a calma e a fé e sermos bondosos porque Deus nos ama.

Agradeço ao meu avozinho Carrera, por sempre me amar, por ser o lugar de segurança que toda criança precisa. Obrigada meu avozinho, por cada centavo que o senhor me deu para não sentir fome na escola, por todo o seu amor não só comigo, mas com todos os seus netos.

Agradeço ao meu namorado Davi por aparecer em tão pouco tempo na minha vida e já tornar os meus desafios mais fáceis, me ajudando a carregá-los e a resolvê-los, agindo comigo com todo cuidado e carinho, e me acalmando nos momentos de desespero e falta de confiança em mim mesma.

Agradeço a minha colega Bárbara, que graças a ela eu pude estagiar na maior refinaria de alumina do mundo, por me obrigar a me inscrever no processo seletivo e por acreditar que era possível eu estar ali. Agradeço a minha amiga de faculdade Érica Iglesias, que me abrigou em sua casa, se preocupou com a minha alimentação e não me deixou sozinha em nenhum momento durante os exames para fechar contrato de estágio com a Hydro Alunorte.

E por fim, agradeço aos meus professores Walter Barra, e principalmente ao meu gestor Getulio Neto por todo o apoio dado na construção deste trabalho, me ensinando o “caminho das pedras” e me orientando a segui-lo sozinha e iniciar o meu desenvolvimento como profissional na engenharia elétrica. Agradeço ao vice-diretor da FEEB por sempre estar disponível para os alunos, nos orientando e sendo o melhor facilitador que eu já conheci em toda a minha vida!

OBRIGADA A TODOS!

“O homem científico não almeja resultados imediatos. Ele não espera que suas ideias mais avançadas sejam rapidamente retomadas. Seu trabalho é como o de um agricultor para o futuro.”

(Nicola Tesla).

RESUMO

A Hydro Alunorte é uma das maiores refinarias de alumina do mundo. O seu processo de refino exige maquinários robustos e, conseqüentemente, um sistema elétrico potente e confiável para suprir tanto as áreas operacionais quanto as administrativas. Embora a Gerência de Manutenção Elétrica da refinaria seja bem estruturada e mantenha os equipamentos com elevado nível de eficiência, ainda enfrenta desafios no controle do estoque de sobressalentes para uso emergencial. Nesse contexto, o sistema Kanban mostra-se uma ferramenta ágil, econômica e de fácil aplicação, capaz de otimizar o controle e a redução de estoques, por meio da organização visual dos níveis de inventário. Sua implantação facilita a rotina diária da manutenção elétrica, sem comprometer a segurança de equipamentos e pessoas. Neste trabalho apresenta-se uma adaptação do Kanban à Gerência de Manutenção Elétrica da Alunorte, o que possibilitou a criação de um inventário de sobressalentes emergenciais e otimizou o fluxo de retirada de equipamentos por meio do uso de cartões de informação. Além disso, o sistema demonstrou potencial de replicação e encontra-se em fase de implementação no momento deste estudo.

Palavras-chave: Manutenção Elétrica; Kanban; Controle de Estoque; Sistema kanban.

ABSTRACT

Hydro Alunorte is one of the largest alumina refineries in the world. Its refining process requires robust machinery and, consequently, a powerful and reliable electrical system to supply both the operational and administrative areas. Although the refinery's Electrical Maintenance Management is well structured and maintains the equipment with a high level of efficiency, it still faces challenges in controlling the stock of spare parts for emergency use. In this context, the Kanban system proves to be an agile, economical and easy-to-apply tool, capable of optimizing the control and reduction of inventories, through the visual organization of inventory levels. Its implementation facilitates the daily routine of electrical maintenance, without compromising the safety of equipment and people. This work presents an adaptation of Kanban to Alunorte's Electrical Maintenance Management, which enabled the creation of an inventory of emergency spares and optimized the flow of equipment removal through the use of information cards. In addition, the system has demonstrated replication potential and is in the implementation phase at the time of this study.

Keywords: Electrical Maintenance; Kanban; Inventory Control; kanban system.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Refinaria de alumina Hydro Alunorte.	16
Figura 2 – Exemplo de kanban de pedido de peças usado pela Fundação Ohashi	23
Figura 3 - Diferença entre sistema kanban e Kanban.	24
Figura 4 – Etapas a seguir para realizar a Manutenção não programada.	28
Figura 5 – Classificação dos tipos de Manutenção Elétrica.	28
Figura 6 – Estrutura organizacional da Gerência da Manutenção de Energia da refinaria.	33
Figura 7 – Ativos do Sistema Elétrico da Hydro Alunorte.	34
Figura 8 – Resumo simplificado da rotina de manutenção elétrica da refinaria.	35
Figura 9 – Fachada do Centro de Competência de Inversores.	39
Figura 10 – Visão geral da Alunorte, sinalizando o DRS e o Porto.	40
Figura 11 – Trajetória para a Construção do Cronograma de Execução	40
Figura 12 – Layout antigo do Centro de Competência de Inversores	43
Figura 13 – Locais obstruídos do Centro de Competência de Inversores.	43
Figura 14 – Visão ao entrar no Centro de Competência de Inversores.	44
Figura 15 – Corredor entre prateleiras obstruído por equipamentos.	44
Figura 16 – Fluxo de Entrada e Saída do equipamento do Centro de Competência de Inversores.	49
Figura 17 – Dever do mantenedor dentro do Fluxo de Saída do material.	50
Figura 18 – Dever da engenharia de manutenção e supervisores da manutenção.	50
Figura 19 – Versão 1 da etiqueta de levantamento de inventário	51
Figura 20 – Versão 2 da etiqueta de levantamento do CCI.	51
Figura 21 – Versão 3 da etiqueta de levantamento do CCI.	52
Figura 22 – Modelo de Cartão do Material.	53
Figura 23 – Painel do Fluxo de Saída para inserir o Cartão do Material.	54
Figura 24 – Modelo da placa de identificação do corredor do CCI.	55
Figura 25 – Plaqueta 13x17 centímetros para prateleiras.	56
Figura 26 – Plaqueta 22x22 centímetros para armários.	56
Figura 27 – Placa de identificação do Centro de Competência de Inversores.	56
Figura 28 – Estantes do CCI identificadas para levantamento de inventário.	57

Figura 29 – Preenchimento dos principais campos da etiqueta de Levantamento de Inventário.	58
Figura 30 – Etiqueta de inventário colada próximo a etiqueta de informações do fabricante.	58
Figura 31 – Foto com legenda fixa das principais informações para o levantamento.....	59
Figura 32 – Dados numéricos dos equipamentos catalogados na Planilha de Inventário.	61
Figura 33 – Indicação colunas desbloqueadas da Planilha de Inventário para atualização.....	62
Figura 34 – Visão por cor do fluxo do material na Planilha de Inventário.....	62
Figura 35 – Cartão do Material: localização da célula para preenchimento.	63
Figura 36 – Separação de materiais para descarte.	64
Figura 37 – Resistor de aterramento aguardando priorização de OM para instalação.	65
Figura 38- Novo layout do Centro de Competência de Inversores.	66
Figura 39 – Painel do Fluxo de Saída e Cartão do Material instalados.....	67
Figura 40 – Placa de identificação do corredor instalada no CCI.	67
Figura 41 – Plaquetas de identificação das prateleiras instaladas no CCI.	67
Figura 42 – Principais obrigações do mantenedor no Fluxo de Saída do material.	69
Figura 43 – Cronograma de execução para o Centro de Competência da equipe de manutenção de AT.....	70
Figura 44 – Fluxo do Levantamento de Inventário do Centro de Competência da 56A.....	71
Figura 45 – Transformador de corrente com etiqueta de levantamento de inventário.	72
Figura 46 – Localização do QRcode nas prateleiras do Centro de Competência da 56A.....	72
Figura 47 – Comparação entre as propriedades do Kanban de David Anderson com o Projeto de Adaptação do Kanban para o Centro de Competência de Inversores (CCI).....	73
Figura 48 – Layout do antes e depois do Centro de Competência de Inversores.....	76
Figura 49 – Antes e depois da realocação das estantes do Centro de Competência de Inversores.	77
Figura 50 – Fluxo geral da entrada e saída do material.....	77
Figura 51 – Área obstruída: vista das prateleiras x layout antigo.	83
Figura 52 - Área obstruída: comparação vista da entrada x layout antigo.	83
Figura 53 - Área desobstruída: vista das prateleiras ao entrar x layout novo.....	84
Figura 54 – Área desobstruída: vista da antiga área de paletes x layout novo.	84
Figura 55 - Cronograma de Execução completo do Centro de Competência de Inversores. ...	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma de Execução do projeto de melhoria.	47
Tabela 2 – Cronograma de Execução: Fase 1 com suas subfases.	48
Tabela 3 – Cronograma de Execução: Fase 2 com sua subfase.....	57
Tabela 4 – Cronograma de Execução: Fase 3 com suas subfases.	60
Tabela 5 – Cronograma de Execução: Fase 4 com suas subfases.	64
Tabela 6 – Cronograma de Execução: Fase 5 com suas subfases.	65
Tabela 7 – Cronograma de Execução: Fases 6 e 7.	68
Tabela 8 – Tabela descritiva da Planilha de Inventário.	86
Tabela 9 – Instruções de uso disponibilizada na Planilha de Inventário do CCI.....	87

ACRÔNIMOS

A – Amper

AQF – Barramento de Força de Alta Tensão

AT – Alta Tensão

BBF – Básico Bem-Feito

BC – Banco de Capacitores

BCCM – Centro de Controle de Motores de Baixa Tensão

BT – Baixa Tensão

CCI – Centro de Competência de Inversores

CDP – Companhia Docas do Pará

CT – Centro de Trabalho

DDS – Diálogo Diário de Segurança

DRS – Depósito de Resíduos Sólidos

GA – Gerente de Área

HH – Hora-Homem

HP – House-Power

Hz – Hertz

JIT – *Just-in-Time*

kW – Quilowatt

MCCM – Centro de Controle de Motores de Média e Alta Tensão

OM – Ordem de Manutenção, documento emitido pelo SAP para executar uma atividade.

SAP – *Systemanalyse Programmentwicklung* (Desenvolvimento de Programas Para Análise de Sistemas)

SE – Subestação de Elétrica

SEP – Sistema Elétrico de Potência

STP – Sistema Toyota de Produção

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

PROCV – Procurar Verticalmente (função do software Excel)

RPM – Rotações por Minuto

V – Volts

VCC – Retificador de Corrente Contínua

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Considerações Iniciais.....	16
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Objetivo Geral.....	18
1.3.2	Objetivos Específicos.....	18
1.4	Estrutura do Trabalho	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Os Pilares do Sistema Toyota de Produção.....	21
2.1.1	Autonomação (Jidoka)	21
2.1.2	Just-in-Time (JIT)	22
2.2	O Sistema Kanban	22
3	MANUTENÇÃO ELÉTRICA INDUSTRIAL E O USO DO KANBAN.....	26
3.1	Manutenção Elétrica Industrial.....	27
3.1.1	Manutenção Corretiva.....	29
3.1.2	Manutenção Preventiva.....	29
3.1.3	Manutenção Preditiva.....	30
3.1.4	Manutenção Detectiva.....	30
3.1.5	Disponibilidade de Equipamentos para a Manutenção Elétrica.....	30
3.1.6	Os Atores da Manutenção Industrial Elétrica.....	31
3.2	Estrutura da Manutenção da Energia da Hydro Alunorte	32
3.2.1	Ativos do Sistema Elétrico da Hydro Alunorte.....	34
3.2.2	O SAP e a Rotina da Manutenção do Sistema Elétrico da Refinaria.....	35
3.2.3	Centro de Competência da Manutenção Elétrica	36
3.3	Controle de Estoque de Sobressalentes com o Kanban	37
4	ADAPTAÇÃO DO KANBAN PARA O CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES	38
4.1	Centro de Competência de Inversores	38

4.1.1	Importância do CCI para a Equipe de Manutenção de Baixa Tensão	39
4.2	Desenvolvendo o Cronograma de Execução	40
4.2.1	Etapa 1: Estudo	41
4.2.2	Etapa 2: Visita de Campo	41
4.2.3	Etapa 3: Estudo Focado.....	45
4.2.4	O Cronograma de Execução.....	46
4.3	Fluxo de Entrada e Saída do Material	47
4.3.1	Fluxo de Entrada e Saída do Material	48
4.3.2	Etiqueta de Levantamento de Inventário.....	50
4.3.3	Cartão do Material – kanban.....	52
4.3.4	Painel do Fluxo de Saída do Material	54
4.3.5	Placas e plaquetas do CCI.....	54
4.4	Levantamento de Inventário	56
4.5	O Inventário: Planilha Eletrônica	60
4.5.1	Atualização da Planilha de Inventário.....	61
4.5.2	Preenchimento do Cartão do Material.....	62
4.6	Destinação Adequada dos Materiais Dispensáveis.....	63
4.7	Novo Layout do Centro de Competência de Inversores	65
4.8	Disponibilização das Regras de Uso e o Treinamento.....	68
4.9	Replicação do Projeto de Adaptação do Kanban	69
4.10	Conclusão do Capítulo.....	73
5	RESULTADOS DO PROJETO DE ADAPTAÇÃO DO KANBAN	75
5.1	Resultados Alcançados.....	75
5.2	Resultados Esperados	78
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A – Localização no Layout das Áreas Obstruídas e Desobstruídas	83
	APÊNDICE B – Cronograma de Execução Detalhado do Centro de Competência de Inversores	85

APÊNDICE C – Lista de títulos contidos na Planilha de Inventário com informação de quais colunas são importantes para o preenchimento do Cartão do Material (kanban). 86

APÊNDICE D – Planilha “INSTRUÇÕES” existente na Planilha de Inventário disponibilizada na plataforma colaborativa SharePoint 87

APÊNDICE E – Estrutura do Forms para Saída de Equipamento Etiquetado do Centro de Competência da 56A..... 89

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A Norsk Hydro ASA é uma multinacional norueguesa que está presente em vários segmentos no mercado de alumínio, energias renováveis, reciclagem de metais e baterias (Hydro, 2025). No Brasil, a Hydro marca presença no mercado do alumínio, administrando a maior refinaria de alumina do mundo fora da China: a Alunorte (Hydro, 2025).

A Alunorte está localizada na cidade de Barcarena, no estado do Pará, região Norte do Brasil, tendo iniciado as suas operações em 1995, possuindo atualmente 2200 empregados. A Alunorte refina a bauxita para a obtenção da alumina através de um processo chamado Bayer (Hydro, 2025). A Figura 1 mostra a refinaria de alumina.

Figura 1 – Refinaria de alumina Hydro Alunorte.



Fonte: Hydro (2025).

Uma refinaria desse porte, demanda muita energia elétrica para alimentar o seu processo, e com isso, exige profissionais altamente capacitados em manter o sistema elétrico da planta, embasando-se em normas, políticas de segurança e sustentabilidade.

A área de manutenção do sistema elétrico da Hydro Alunorte é ampla e bem dividida, como será vista no capítulo 3. Assim como muitas indústrias, a Alunorte possui alguns desafios

relacionados ao controle de estoque. Os centros de competências das equipes de manutenção elétrica possuem significativa importância para a área. A inexistência do controle do estoque de periféricos emergenciais nos centros de competências acarreta transtornos como: instalação de equipamentos avariados na área, demora na aquisição do material para a manutenção elétrica emergencial etc. Essa problemática pode ser trabalhada aplicando-se a ferramenta do Sistema Toyota de Produção (STP), o Kanban.

Neste trabalho de conclusão de curso, será apresentado um projeto de melhoria implantado na Hydro Alunorte, especificamente na área da Gerência da Manutenção Elétrica. O projeto visa o controle do fluxo de materiais de uso emergencial para a retomada de equipamentos elétricos que apresentaram falha ou parada repentina.

Este é um projeto de melhoria usado para facilitar e melhorar o trabalho dos mantenedores do sistema elétrico da planta diante da parada repentina de um equipamento elétrico, onde a demora em retomá-lo causará danos reversíveis ou irreversíveis à refinaria.

1.2 Justificativa

Mesmo diante de toda evolução e pesquisa na área da engenharia de manutenção, ainda não foi possível eliminar as falhas repentinas de equipamentos. Autores como Soeiro, Olivio e Lucato (2017), afirmam que deve haver toda uma análise para definir o melhor tipo de manutenção para os equipamentos de uma indústria. Mas nenhum deles asseguram a inexistência da falha repentina do equipamento.

Sendo assim, a Gerência da Manutenção deve planejar muito bem as medidas a serem executadas para realizar o reparo, tão rápido quanto possível, para cada ativo da sua gerência. E um dos passos principais para o reparo imediato é a aquisição do material, de forma rápida e eficaz, sem pôr em risco o executante e sem desordenar o processo.

O uso do Kanban vem como alternativa ágil e econômica, que pode ser implantada sem grandes alterações no processo atual. Se bem definido, torna-se versátil em diversas aplicações, desde a organização de desenvolvimento de softwares (Anderson, 2011) até o controle de estoque (Silva; Anastácio, 2018).

Portanto, este trabalho propõe mostrar detalhadamente todo o processo de adaptação do Kanban à realidade da equipe de manutenção do sistema elétrico da Hydro Alunorte. Considerando a replicação não apenas dentro da refinaria, mas em todas as empresas de

pequeno e grande porte que tiverem acesso a este trabalho. “As próprias pessoas da manufatura, usando a engenhosidade e a inovação, fazem Kanbans para se ajustarem a variedade infinita de situações e condições diferentes” (Silva; Anastácio, 2018, p. 1025).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho objetiva realizar uma adaptação da metodologia Kanban como forma de controlar o fluxo de entrada e saída de equipamentos de uso emergencial, pela equipe da manutenção da energia elétrica da refinaria de alumina, a fim de reduzir o tempo de aquisição do equipamento e viabilizar melhorias contínuas nesse controle.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o controle e o fluxo de entrada e saída de materiais baseado na metodologia Kanban;
- Facilitar o acesso físico e eletrônico aos equipamentos de uso emergencial durante uma emergência;
- Replicar a adaptação do projeto;
- Trabalhar melhorias durante e após a replicação do projeto.

1.4 Estrutura do Trabalho

A estrutura geral deste Trabalho de Conclusão (TC), dividida em 6 capítulos, é apresentada em resumo a seguir:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Aborda de forma geral o tema deste TC, iniciando pela apresentação da refinaria de alumínio, justificando o desenvolvimento e a problemática do trabalho, definindo os seus objetivos e discorrendo sobre a sua estrutura.
- **Capítulo 2 – Referencial Teórico:** Fundamenta o trabalho abordando os pilares do Sistema Toyota de Produção (STP) e a principal ferramenta usada para operá-lo. Discorre sobre o kanban, tanto como um cartão sinalizador quanto um método de melhoria contínua e adaptabilidade.
- **Capítulo 3 – Manutenção Elétrica Industrial e o uso do Kanban:** Introduce a manutenção elétrica industrial, descreve a organização da manutenção elétrica da Hydro Alunorte, discorre sobre a importância do centro de competência para a equipe da manutenção elétrica da refinaria e o uso da metodologia Kanban para controlar e melhorar o fluxo dos insumos de uso emergencial.
- **Capítulo 4 – Adaptação do Kanban para o Centro de Competência de Inversores:** Apresenta o projeto do sistema kanban adaptado para a equipe de manutenção elétrica de baixa tensão da refinaria, o qual foi desenvolvido para controlar o fluxo de entrada e saída dos periféricos do Centro de Competência de Inversores, e uma replicação.
- **Capítulo 5 – Resultados da Adaptação do Kanban:** Apresenta os resultados esperados e obtidos, discute as suas implicações e limitações durante a implantação do projeto, e apresenta possíveis possibilidades de melhoria nos demais processos de controle do fluxo de equipamentos disponíveis para toda a equipe de manutenção elétrica da refinaria.
- **Capítulo 6 – Considerações Finais:** Encerra o trabalho com a síntese do referencial teórico para embasar o projeto desenvolvido, a execução do projeto e os resultados obtidos com o processo de implantação, e encerra com comentários sobre a sua replicabilidade nos demais processos de manutenção elétrica da refinaria e melhorias futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico empregado neste Trabalho de Conclusão atua como base para sustentar a adaptação do sistema kanban em um dos processos dentro da rotina de manutenção da energia elétrica da refinaria de alumina Hydro Alunorte. Engloba fundamentos referente aos pilares do Sistema Toyota de Produção e a origem e o desenvolvimento do sistema kanban.

Os pilares do Sistema Toyota de Produção (STP) são conceitos fundamentais para a sua aplicabilidade e permanência nas indústrias, bem como para a sua replicabilidade e constante melhoria. Eliminar desperdício, ter o necessário quando necessário (*Just-in-Time*), automatizar processos (Autonomação), comunicação e informação fluida (sistema kanban) e melhorar continuamente vai além dos processos de fabricação de produtos de uma indústria.

O desenvolvimento científico trouxe a humanidade a uma era na qual a eletricidade é primordial. As indústrias estão usando equipamentos cada vez mais robustos em seus processos, ainda que eficientes em consumo energético, a eletricidade é a alma que os faz funcionar. Distribuir adequadamente a energia elétrica em uma planta fabril exige um sistema de gestão de ativos sincronizado, onde a comunicação seja fluida e efetiva. Diante da falha ou demora em realizar as manutenções dos ativos, uma linha de produção para, podendo causar danos irreversíveis aos equipamentos, a produção, aos trabalhadores e ao meio ambiente.

A manutenção elétrica dos ativos de uma indústria deve ser precisa e ordenada, de modo a evitar perdas e danos de equipamentos, hora-homem (HH) e pessoas. A disponibilidade e o controle dos materiais necessários à manutenção são essenciais para evitar essas perdas. Logo, usar ferramentas de gestão visual (kanban) para controlar o fluxo e a disponibilidade dos equipamentos, diminuir perdas, além de possuir maior facilidade de adaptação a rotina de manutenção existente, excluindo mudanças radicais no processo (Anderson, 2011).

Portanto, manter em operação todos os ativos da indústria envolve uma rotina de manutenção diária dos equipamentos elétricos. Diante da falha ou da previsão de falha desses equipamentos, faz-se necessário a organização precisa de mão de obra especializada e equipamentos disponíveis. Logo, a ferramenta fundamental (Kanban) usada para operar o Sistema Toyota de Produção pode ser adaptada para organizar, controlar e melhorar continuamente cada etapa do processo de manutenção elétrica, especificamente a disponibilidade e o controle dos ativos relativos à manutenção.

2.1 Os Pilares do Sistema Toyota de Produção

A ideia que marcou o início do Sistema de Toyota de Produção (STP) foi a eliminação do desperdício afim de aumentar significativamente a produtividade (Ohno, 1997).

Pode-se dizer que os primórdios do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção se deram quando o engenheiro mecânico Taiichi Ohno se deparou com o comentário comparativo entre as forças de trabalho americana e japonesa: “eram precisos nove japoneses para fazer o trabalho de um americano.” (Ohno, 1997, p. 25). Portanto, ele passou a crer que os japoneses estavam desperdiçando algo e que ao eliminar tal desperdício, a produtividade poderia decuplicar (Ohno, 1997).

Taiichi Ohno é considerado o pai do STP, e fundamentado no pensamento de eliminar o desperdício, ele começou a trabalhar na ideia do sistema que é implantado e melhorado em muitas indústrias atualmente. Ohno descreve em seu livro “*O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*”, de 1997, que o STP é sustentado pelos pilares *Just-in-Time* e Automação. No entanto, para que o Sistema Toyota de Produção, ao ser implantado em qualquer segmento da indústria, atinja máxima fluidez, Ohno desenvolveu um método capaz de fazer a informação fluir entre os setores do processo, ao qual denominou-se método Kanban.

2.1.1 Automação (Jidoka)

A automação ou *Jidoka* é um termo que significa dar um toque humano para as máquinas. Ohno inspirou-se no tear autoativado criado por Toyoda Sakichi: a máquina parava de funcionar instantaneamente diante do rompimento de um dos fios da trama. E isso evitava a produção de produtos defeituosos (Ohno, 1997).

A automação foi desenvolvida para que o homem pudesse operar mais de uma máquina, ficando livre para outras atividades enquanto não há falha na mesma. Além disso, a automação dá autonomia para a máquina e para o operador em parar o processo de produção ao identificar qualquer anormalidade (Ghinato, 1995). Este pilar do STP integra as máquinas em cada processo/etapa da produção, fazendo com que todos saibam quando ela para de operar, seja por parada automática (pelo próprio dispositivo de detecção de falha), seja pelo trabalhador (que detectou anormalidade no processo antes da parada da máquina) (Ohno, 1997). Este ato (parada da máquina) obriga toda a equipe de gerente, supervisores e operadores a terem

conhecimento da anormalidade, acarretando medidas de correção da mesma, e isto dá espaço para atingir as melhorias nos processos (Ohno, 1997).

2.1.2 Just-in-Time (JIT)

Just-in-Time significa pegar o que precisa na hora que precisa. E para pegar o que se precisa é necessário ter. Ao aplicar o *Just-in-Time* (JIT) evita-se o acúmulo de estoque de produtos no início da etapa de um novo processo.

O processo de produção automobilística era dividido por etapas, onde cada uma tinha um grande número de trabalhadores produzindo a mesma peça. E essa grande quantidade de peças chegava na próxima etapa do processo de produção sem controle sobre a necessidade de tal volume e nem de qualidade, o que gerava um grande estoque de componentes muitas vezes defeituosos. Essa falta de controle gerava o desperdício (Ohno, 1997).

Segundo Taiichi Ohno, aplicar o JIT em cada etapa da produção de forma ordenada seria um desafio, e como solução, Ohno pensou em “olhar” para o processo no sentido inverso: a etapa final sinaliza para a etapa inicial quando precisa de componentes para a sua produção (Ohno, 1997). A este tipo de sinalização de cada etapa do processo de produção, Ohno deu o nome de *Kanban*. Portanto, o *Kanban* tornou-se o principal modo de transmitir a necessidade e a quantidade de peças que uma etapa precisa, sem acúmulos desnecessários, tornando possível ter somente o que precisa no momento certo da precisão.

A aplicação do conceito JIT pode ser replicada do processo de produção automobilística para qualquer área que exija comunicação entre as etapas, para sinalizar a necessidade de cada uma. Pois possibilita a redução de estoque e de custo além de melhorar a qualidade do material produzido (Ferreira, 2021).

2.2 O Sistema Kanban

Taiichi Ohno desenvolveu o sistema kanban para operar o STP. Uma forma de fazer funcionar com eficiência e maior facilidade o pilar *Just-in-Time*. O termo “kanban” é de origem japonesa e significa “etiqueta” ou “cartão” (Ohno, 1997).

O sistema kanban consiste em usar cartões contendo as principais informações referente o material necessário de cada etapa do processo. Esses cartões transitavam entre as etapas do processo no sentido inverso: conforme a etapa posterior necessitava de material, ela sinalizava por meio do kanban à etapa posterior a sua necessidade (Ohno, 1997).

A Figura 2 mostra o exemplo de um kanban usado pela Fundação Ohashi. É um kanban de pedido de peças que é entregue à fábrica central da Toyota Motors. O cartão contém informações cruciais como o número do portão de recebimento da Toyota, o número de controle do item para as peças, a capacidade de peças por caixa e outras informações importantes para o processo.

Figura 2 – Exemplo de kanban de pedido de peças usado pela Fundação Ohashi

Hora da Entrega 10:30	Área de Estocagem A 1 - 1	Fábrica Central da Toyota Motors
 Fundação Ohashi	Número do Item 53018-60011	Montagem nº 2
Prateleira nº 1 - Embaixo	Nome do Item Linha de pressão do radiador	
	Identificação Usado em FJ Carro tipo (II)	
	Tipo de caixa Especial	
	Capacidade da caixa 30	
	21	50
	Kanban de pedido de peças	

Fonte: O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. (Ohno, 1997).

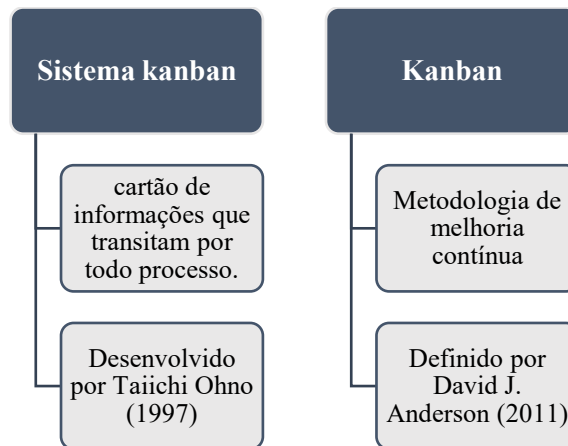
Em seu livro “O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala”, de 1997, Taiichi Ohno define dois tipos de kanbans: kanban de produção e kanban de movimentação:

- kanban de movimentação é um cartão contendo informações sobre a quantidade de materiais que uma etapa do processo precisa para dar continuidade a sua produção (Ohno, 1997);
- kanban de produção é um cartão contendo informações sobre a quantidade de material que a etapa seguinte vai precisar futuramente (Ohno, 1997).

As principais funções do Kanban são: fornecer informação sobre apanhar, transportar e produzir; impedir excessos de produção, transporte e produtos defeituosos; ordem de fabricação visual afixada as mercadorias; e por fim, revelar problemas existentes e controlar estoque (Ohno, 1994).

David J. Anderson (2011), utiliza o termo kanban com “k” minúsculo para se referir ao cartão com informações que é puxando de um processo para o outro. O Kanban, com “K” maiúsculo faz referência “[...] à metodologia de melhoria de processo incremental e evolutiva que surgiu na Corbis de 2006 a 2008 e continuou a evoluir [...]” (Anderson, 2011, p.10). A Figura 3 ilustra a diferença entre sistema kanban e o Kanban.

Figura 3 - Diferença entre sistema kanban e Kanban.



Fonte: Anderson (2011). Adaptado pela autora.

O sistema kanban ganhou repercussão mundial, e foi estudado para ser aplicado em diversas situações, sendo um sistema adaptável para qualquer nível de processo e gerência e até mesmo em gestão de fluxos não palpáveis como a sua aplicação na engenharia de *softwares* utilizado pela Microsoft no início de 2004 (Anderson, 2011).

Uma das funções do sistema kanban é expor as falhas existentes em um processo, e isso dá margem a equipe para que se possa focar em resolvê-las, eliminando os seus efeitos negativos no futuro. Diante disso, melhorias podem ser feitas, transformando o sistema kanban, com cartões sinalizadores puxados de um processo a outro, em Método Kanban, o qual possibilita melhoria contínua tanto de processo quanto de equipe (Anderson, 2011).

Anderson (2011), observa que o Kanban possui cinco propriedades fundamentais, as quais se utilizadas resultam em melhoria contínua, são estas:

- Propriedade 1 – Visualizar o Fluxo de Trabalho.
- Propriedade 2 – Limitar o Trabalho-em-Progresso.
- Propriedade 3 – Medir e Gerenciar o Fluxo.
- Propriedade 4 – Tornar as Políticas do Processo Explícitas.
- Propriedade 5 – Reconhecer Oportunidade de Melhoria.

Esses princípios fundamentais do Kanban foram aplicados, no capítulo 4, para descrever o passo a passo da adaptação desta ferramenta para controlar o fluxo de periféricos da equipe de manutenção elétrica da refinaria de alumina.

A seguir, será definido o que é manutenção elétrica, os tipos de manutenção e por fim, será apresentada a estrutura da área de manutenção elétrica da Hydro Alunorte, bem como o uso do kanban para controlar o fluxo de estoque de sobressalentes.

3 MANUTENÇÃO ELÉTRICA INDUSTRIAL E O USO DO KANBAN

Manutenção significa manter o que se tem, e é uma palavra derivada do latim *manus tenere*. Ela está presente desde os primórdios da humanidade quando o ser humano começou a usar instrumentos de produção no seu cotidiano (Viana, 2002).

Segundo Viana (2002), o surgimento da manutenção industrial se deu juntamente com os primeiros teares mecânicos, no século XVI. E, conforme a tecnologia avançava, as indústrias mecanizavam os seus processos com equipamentos cada vez mais robustos. Conforme as falhas em equipamentos aconteciam, a demora em retorná-lo à produção gerava perdas monetárias as indústrias, além disso, tomou-se ciência sobre a necessidade de cuidar não somente dos maquinários, como também da segurança dos operadores e do meio ambiente.

Quando os primeiros teares mecânicos começaram a falhar, iniciou-se as primeiras manutenções dentro da indústria, e estas manutenções eram realizadas pelos próprios operadores (Senai, 2018). Conforme a modernização avançava, os maquinários industriais tornaram-se cada vez mais robustos, e com isso, fazer o próprio operador reparar a máquina já não era mais suficiente. Diante de muitas falhas nos equipamentos, os gestores industriais sinalizaram a necessidade de se ter um setor dedicado apenas a manutenção, tornando-se a principal alternativa para sempre haver equipamentos operantes de modo a não impactar na produção (Senai, 2018).

A NBR 5462 (1994) define manutenção como sendo um conjunto de ações técnicas, administrativas e de supervisão destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, podendo incluir-se a sua modificação. Atualmente, a manutenção está diretamente voltada aos resultados empresariais, pois na escassez de técnicas para reparar um equipamento tão rápido quanto possível, mantê-lo em operação reduzindo a possibilidade de parada ou falhas torna a empresa competitiva no mercado (Kardec; Nascif, 2013, p. 13 *apud* Soeiro; et al, 2017, p. 11).

A manutenção acompanha diretamente o avanço tecnológico, e atualmente a principal fonte de energia dos maquinários é a eletricidade. Portanto, além da manutenção dos equipamentos tornou-se necessário um setor dedicado a manutenção do sistema elétrico e dos equipamentos elétricos, bem como o controle e a disponibilidade de recursos e de equipamentos sobressalentes para executar os reparos.

Equipamentos mais robustos demandam um sistema de distribuição de energia igualmente robusta. E se tratando de ambientes industriais, a falha de um equipamento elétrico pode resultar em danos irreversíveis aos maquinários, bem como aos operários e ao meio ambiente (Alexandre, 2025). Portanto, a confiabilidade, para a manutenção elétrica, “é a capacidade do sistema elétrico de operar sem falhas durante um determinado período, sob condições especificadas de operação” (Cavalcanti et al., 2021 *apud* Alexandre, 2025, p. 10).

3.1 Manutenção Elétrica Industrial

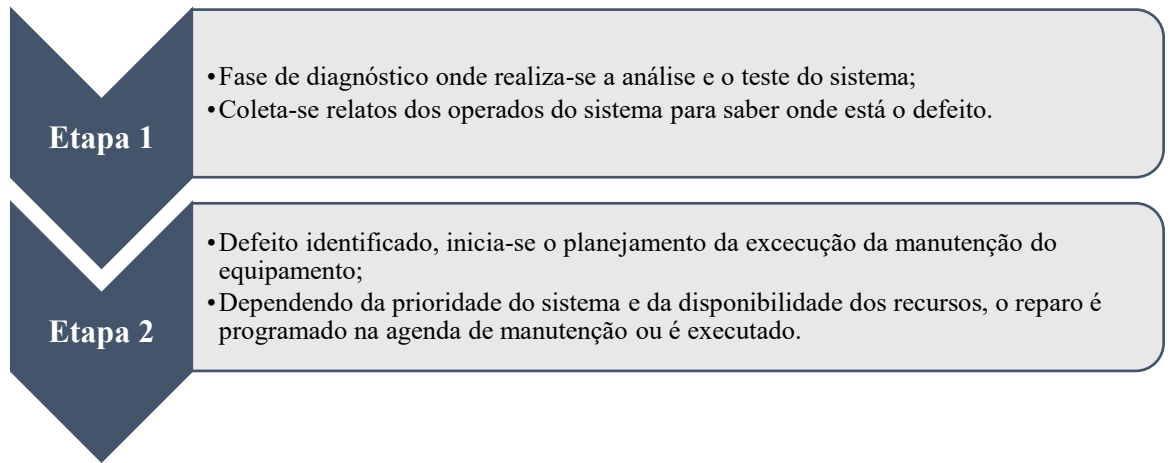
A manutenção elétrica industrial utiliza-se de técnicas capazes de gerenciar todas as atividades de manutenção “determinando as prioridades, recursos, procedimentos, custos e indicadores de serviços como propósito de garantir a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos” (Senai, 2018, p. 18). A principal técnica usada para gerenciar as atividades da manutenção é o Planejamento e Controle da Manutenção – PCM (Senai, 2025).

Em suma, a manutenção nos equipamentos elétricos industriais é comandada, executada e supervisionada pelo PCM (Senai, 2025). O setor da operação solicita o serviço da manutenção, o setor PCM entra em ação acessando os planos de manutenção elétrica da engenharia suporte, e prosseguindo com a programação do serviço, considerando a sua criticidade e disponibilidade dos recursos necessários e por fim, o controle do serviço realizado durante o fim da execução da manutenção (Senai, 2018).

O processo de manutenção de sistemas industriais é dividido em duas situações: manutenção programada e manutenção não programada (Senai, 2025).

- **Manutenção Programada** – objetiva verificar se os equipamentos elétricos estão desempenhando a sua função dentro da normalidade e se há necessidade de realizar reparos para evitar parada repentina. (Senai, 2025).
- **Manutenção Não Programada** – é realizada diante de uma falha repentina, que pode ser conhecida ou não. A falha repentina resulta na parada e na redução da eficiência do sistema, e diante dela, são executadas duas etapas para realizar a manutenção, conforme Figura 4.

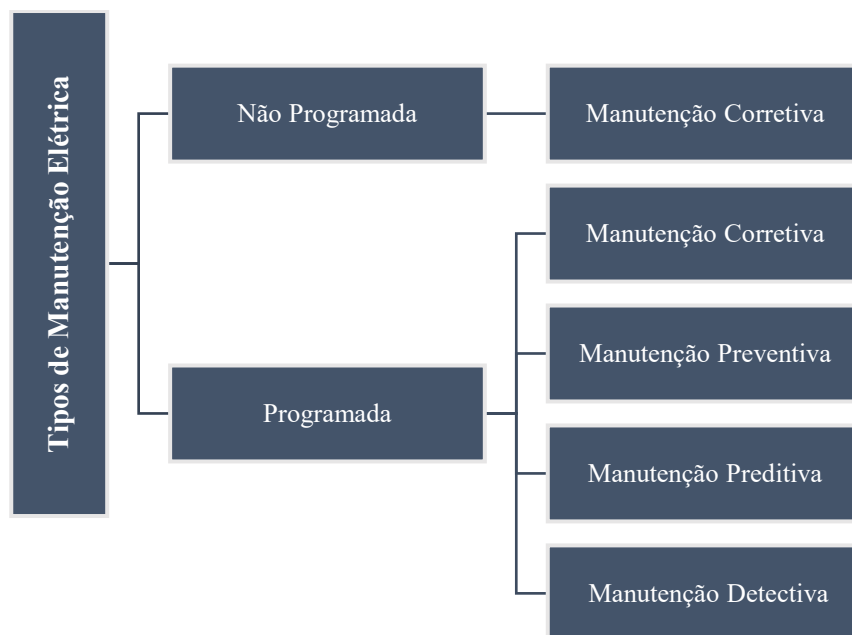
Figura 4 – Etapas a seguir para realizar a Manutenção não programada.



Fonte: Adaptado pela autora (Senai, 2025, p. 8).

Dentro da manutenção programada e não programada há quatro tipos de manutenção utilizada nas indústrias, as quais são: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva. A Figura 5 mostra a classificação dos tipos de manutenção elétrica.

Figura 5 – Classificação dos tipos de Manutenção Elétrica.



Fonte: Adaptado pela autora (Senai, 2018, p. 37).

3.1.1 Manutenção Corretiva

Esta foi a primeira forma de manutenção a existir e atualmente pode ocorrer na situação programada e não programada (Senai, 2025). Ela é realizada após a ocorrência de uma pane de modo a recolocar o equipamento em condições de executar a sua função requerida (NBR 5462, 1994).

Este tipo de manutenção é considerado o mais caro para o processo total, pois a parada repentina de um equipamento está associada a altos custos de reparo, possível despejo de contaminante ao meio ambiente e perda de produtividade (Alexandre, 2025). Porém, a manutenção corretiva é uma abordagem inevitável para o setor, pois nem sempre é possível prever o exato momento da pane.

No entanto, as técnicas utilizadas nesta modalidade são capazes de amenizar o efeito negativo da falha, como: pessoal treinando para agir com rapidez, disponibilidade recursos ferramentais de materiais sobressalentes para o reparo, documentações técnicas da instalação elétrica e do equipamento etc. (Finocchio, 2013).

3.1.2 Manutenção Preventiva

Segundo a NBR-5462 (1994), esta manutenção é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos pelo manual do fabricante, e é destinada a reduzir a probabilidade da falha ou a degradação do funcionamento do equipamento.

Este tipo de manutenção é executado de maneira programada, tendo em mão o plano de manutenção previamente elaborado, analisando o manual do fabricante e o histórico de manutenção do equipamento para definir os intervalos de manutenção preventiva (Senai, 2025).

A manutenção preventiva possui a desvantagem de pôr em desuso uma peça ou um equipamento ainda em condições de operação, pois a sua substituição é fundamenta no tempo de uso e não no desgaste apresentado. No entanto, essa abordagem reduz a probabilidade de parada repentina do equipamento (Senai, 2025), e conseqüentemente reduz o uso da manutenção corretiva.

3.1.3 Manutenção Preditiva

A NBR-5462 (1994), descreve a manutenção preditiva também como manutenção controlada, a qual permite garantir a qualidade da operação desejada baseada em técnicas sistemáticas de análise e supervisão, de modo a reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Ou seja, a manutenção preditiva objetiva prever os defeitos que podem levar a falha dos equipamentos em operação, usando técnicas de inspeção e monitoramento de valores como vibração, corrosão, temperatura, corrente elétrica (Senai, 2025), e através dessa análise é possível programar a manutenção no equipamento.

Este tipo de manutenção exige alto investimento em tecnologias e serviços de monitoramento, porém reduz o uso da manutenção preventiva, permitindo que um equipamento possa permanecer em operação mesmo além do seu tempo de uso.

3.1.4 Manutenção Detectiva

É o tipo de manutenção que objetiva antecipar eventuais falhas que são imperceptíveis ao pessoal da operação e manutenção. Ela surgiu devido a aplicação de instrumentação, controle e automação em diversos processos industriais (Senai, 2018).

Esta manutenção é realizada com o equipamento em operação e assim que uma falha for detectada, a manutenção corretiva programada é acionada (Senai, 2018). As possíveis falhas são detectadas através da inserção de sensores em dispositivos fabricados para funcionar automaticamente e que em caso de falha, pode comprometer a segurança e a produção (Senai, 2018).

3.1.5 Disponibilidade de Equipamentos para a Manutenção Elétrica

Além da qualidade na mão de obra e ferramental, é imprescindível haver equipamentos disponíveis e em bom estado de conservação para usar em uma manutenção, seja programada ou não (Viana, 2002). O almoxarifado deve conter capacidade suficiente para atender a

demanda da planta além de limitar a quantidade de equipamentos no seu estoque, de modo a não ultrapassar o limite da sua capacidade, e causar perdas financeiras e produtivas (Viana, 2002).

Para Silva e Anastácio (2018, p. 1019) no mercado atual encontra-se problemas como falta de planejamento estratégico, altos estoques e perda de produtos diante da demanda incompatível. Ainda para essas autoras, o uso da ferramenta kanban é uma forma simples e eficaz de controlar o estoque, pois utiliza-se do JIT para ter-se a quantidade de equipamentos certos no tempo certo. Para Andersson (2011) e Ohno (1997), aplicar a metodologia Kanban em qualquer processo da indústria exige o consenso de todos os operários e o apoio direto dos gerentes, bem como treinamento de todos na política do processo.

3.1.6 Os Atores da Manutenção Industrial Elétrica

A manutenção, no geral, possui quatro principais atores: o mantenedor (executante), o planejador, o supervisor, a engenharia de manutenção (suporte) e o gerente (Viana, 2002). Cada um desses possui funções bem definidas dentro do setor de manutenção industrial, e trazendo para a manutenção industrial elétrica, pode-se afirmar:

- a) Mantenedor do sistema elétrico (executante): este deve ser provido de educação formal técnica em eletricidade, ser capaz de ler e executar as tarefas de manutenção nos equipamentos elétricos seguindo as diretrizes de segurança. Bem como conhecimento em informática, senso crítico, atitudes proativas e espírito de equipe (Viana, 2002).
- b) Planejador de Manutenção Elétrica: este profissional gere muitos processos dentro do PCM e por isso ele deve possuir todos os requisitos do mantenedor e mais as suas funções, as quais consistem em gerenciar planos de manutenção, coordenar e tratar as inspeções, coordenar materiais para manutenção programada e programar serviços e paradas (Viana, 2002).
- c) Supervisor de Manutenção Elétrica: este é o profissional responsável por coordenar os executantes, e trabalha diretamente com o planejador. O supervisor é de suma

importância para a implantação das diretrizes gerais da diretoria. Além das habilidades dos mantenedores, os supervisores precisam ter pensamento sistemático, estratégia, respeito e controle, orientação e gerenciamento dos mantenedores, gestão de segurança e outros (Viana, 2002).

- d) Engenharia de Manutenção Elétrica (Suporte): são um conjunto de profissionais engenheiros e técnicos especialistas capazes de promover avanços tecnológicos na manutenção. Suas principais atribuições são a busca incansável por melhorias, apoio técnico a manutenção gerenciando serviços de técnicas preditivas possibilitando maior previsibilidade na manutenção, normalização de procedimentos e especificações, ministrar cursos e palestras visando qualificação profissional para as equipes de operadores e mantenedores (Viana, 2002).
- e) Gerente de Manutenção Elétrica: é o profissional que abarca todos os demais, e deve ser capacitado com todas as habilidades e conhecimentos dos demais, pois ele é o responsável pelas decisões orientadas no sentido de alcançar as metas definidas por sua área e a empresa. É responsável também por administrar os custos e os investimentos da manutenção.

Conhecer sobre os tipos de manutenções e sobre os atores dela são fundamentais para prosseguir com este trabalho, pois, a partir da seção secundária 3.2, serão apresentadas as justificativas que levaram a produção do projeto de adaptação do kanban para o centro de competência de inversores. Será apresentada a estrutura organizacional da manutenção do sistema elétrico da maior refinaria de alumina fora da China, bem como a finalidade do centro de competência para as equipes de manutenção do sistema elétrico da Alunorte.

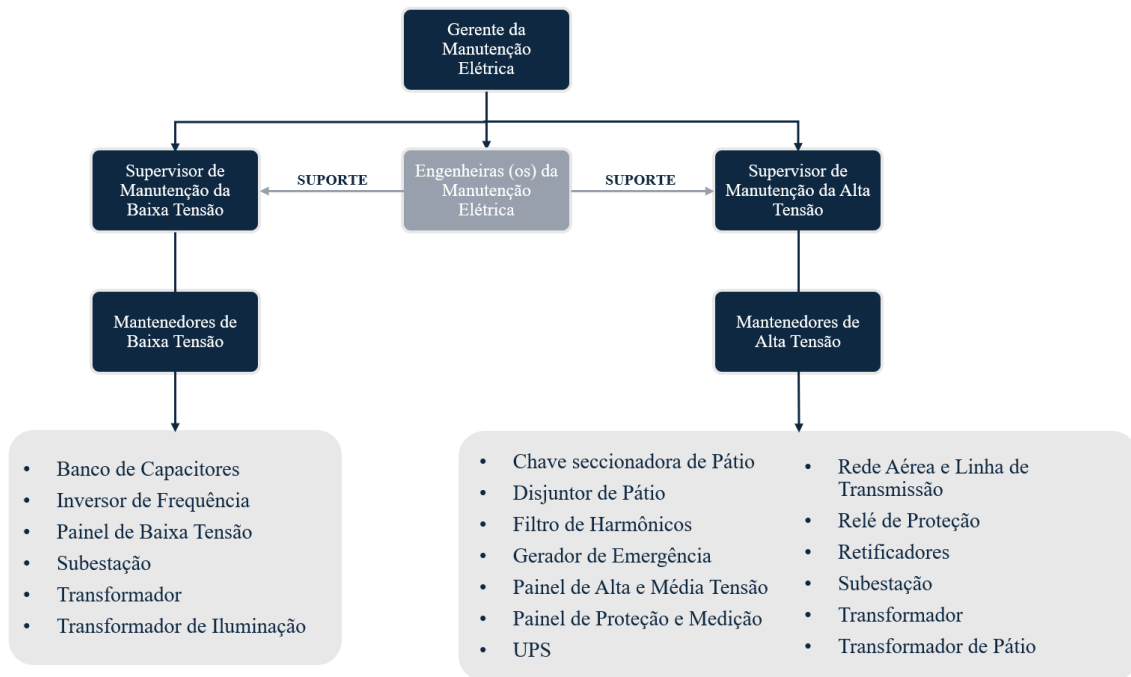
3.2 Estrutura da Manutenção da Energia da Hydro Alunorte

O setor da Manutenção da Energia da Alunorte tem como principal e única atividade gerenciar todas as áreas que contém subestações, geradores de emergência, linha de transmissão e redes de distribuição. As suas diretrizes de manutenção descrevem os procedimentos

realizados em manutenções planejadas e não planejadas, conforme a criticidade do equipamento ou do sistema elétrico.

O setor da manutenção elétrica é denominado como gerência de energia e é responsável pela manutenção de todo o sistema de geração, transmissão e distribuição de baixa e alta tensão. A Figura 6 apresenta a estrutura organizacional da gerência da energia da refinaria.

Figura 6 – Estrutura organizacional da Gerência da Manutenção de Energia da refinaria.



Fonte: Autora (2025).

O Gerente da Manutenção Elétrica, conhecido como Gerente de Área (GA), é o responsável por verificar e aprovar os procedimentos adotados pela engenharia.

A Engenharia de Manutenção Elétrica, é a equipe formada por engenheiros e técnicos especialistas que suportam tecnicamente as atividades de manutenção, sendo responsável por revisar, criar e monitorar os procedimentos de manutenção da área.

A supervisão da manutenção elétrica é dividida em Supervisor de BT e Supervisor de AT. Eles são responsáveis por liderar e coordenar as atividades da equipe de manutenção, garantindo o planejamento e a execução dos procedimentos adotados.

Os Mantenedores do sistema elétrico, também conhecidos como operadores ou executantes, estão divididos entre Mantenedores de BT e Mantenedores de AT, e se reportam aos seus respectivos supervisores. Eles são os responsáveis por abrir a ordem no SAP para as atividades decorrentes de sinistros que necessitam de atuação imediata, fora do horário administrativo, enquanto a cadeia de ajuda é acionada. Além de executar as suas atividades diárias planejadas por seus supervisores.

O SAP é um software de gestão empresarial usado para integrar e gerenciar os processos dos diferentes setores de uma empresa, ele é um Sistema Informatizado de Manutenção. É nele que as atividades são planejadas e os estoques de materiais de cada setor são cadastrados e é onde se encontra todo o histórico das atividades realizadas dentro da empresa.

3.2.1 Ativos do Sistema Elétrico da Hydro Alunorte

A área da Gerência de Energia tem como principal objetivo suprir com energia elétrica, desde baixa a alta tensão, todas as áreas da Hydro Alunorte, garantindo o perfeito funcionamento dos equipamentos e dispositivos do Sistema Elétrico de Potência – SEP, até equipamentos contidos nas Subestações de Energia – SE internas da refinaria. Os principais ativos do sistema elétrico da Alunorte são mostrados na Figura 7.

Figura 7 – Ativos do Sistema Elétrico da Hydro Alunorte.



Fonte: Autora (2025).

3.2.2 O SAP e a Rotina da Manutenção do Sistema Elétrico da Refinaria

Todo o processo de planejamento das rotinas de manutenções e a gestão dos ativos da gerência de energia são gerenciados pelo Sistema Informatizado de Manutenção, o SAP. Cada supervisor da manutenção elétrica possui um planejador, e este lida diretamente com os processos dentro do SAP.

As atividades de manutenções elétricas preventivas são gerenciadas pelo SAP, e sua execução é programada considerando a criticidade do equipamento para o processo e a disponibilidade dos recursos.

Os planos de manutenção da Gerência da Energia da Alunorte são organizados por centros de trabalho (CT). Centro de trabalho é a turma responsável pela manutenção em determinada área; no caso da área da manutenção elétrica, há dois CTs: Manutenção elétrica de baixa tensão e Manutenção elétrica de alta tensão.

A rotina básica da manutenção planejada se inicia com a análise da criticidade dos ativos, classificando assim a frequência da manutenção. Uma vez na semana há uma reunião entre o supervisor da manutenção elétrica e o seu planejador, a fim de priorizar as atividades a serem realizadas na semana seguinte.

De forma simples, a rotina de manutenção do sistema elétrico da Alunorte pode ser simplificada conforme a Figura 8. A falha ou a possível falha é detectada, preparo e acesso aos recursos para iniciar o reparo e por fim, a solução da falha ou possível falha.

Figura 8 – Resumo simplificado da rotina de manutenção elétrica da refinaria.



3.2.3 Centro de Competência da Manutenção Elétrica

A Hydro Alunorte possui um almoxarifado central, o qual é o ponto de entrada e saída dos diversos ativos e materiais para toda a refinaria. O processo de aquisição de materiais do almoxarifado central se dá através do SAP, e a depender do material ou ativo, o solicitante pode retirá-lo imediatamente ou aguardar o processo de autorização da retirada, o que pode durar cerca de 3 (três) dias.

Perante da falha emergencial do ativo é primordial que nas oficinas elétricas haja recurso suficiente para retomar o equipamento as suas condições requeridas de funcionamento. Caso não haja, faz-se necessário adquiri-lo do almoxarifado central. Porém, à espera de horas até o equipamento ser liberado pode causar danos irreversíveis a produção e aos maquinários.

Diante desta preocupação, criou-se locais denominados centro de competência. Cada supervisor, seja de média, alta e baixa tensão possui mais de um centro de competência para armazenar periféricos sobressalentes de equipamentos críticos para restabelecer uma gaveta de alta, um inversor de frequência etc.

Os centros de competências nas áreas tornaram-se uma medida significativa para retomar rapidamente um equipamento altamente importante para o processo, que apresentou parada repentina. Porém a medida foi implantada de forma desordenada, sem controle dos equipamentos ou um responsável direto por monitorar e criar regras de uso e armazenamento de equipamentos no local. Tornando o ambiente desordenado, sem controle ou responsável, o local tornou-se depósito de qualquer tipo de material, e isso causou grandes danos como: acesso aos periféricos sobressalentes, armazenamento de equipamentos avariados e não identificados etc.

Viana (2002), afirma que é impensável a existência de estoques paralelos ao almoxarifado central. Alguns centros de competências estavam se tornando estoques paralelos e ao invés de facilitar acesso aos equipamentos para reestabelecer um maquinário, causava demora, perda de mão de obra e retrabalho.

Mas retirar os centros de competência acaba sendo uma medida que irá retomar o problema para o qual ele foi criado. A Hydro Alunorte funciona sob várias políticas administrativas, corporativas e normas nacionais e internacionais, e dentre elas, o STP faz presente em todos os seus processos produtivos. Portanto para solucionar a problemática do centro de competência da área da manutenção do sistema elétrico da refinaria, usou-se a

principal ferramenta de operação do STP, o kanban. De modo a controlar o estoque e o fluxo de sobressalentes de uso emergencial, limitar a quantidade de equipamentos a serem armazenados no local e facilitar o acesso aos equipamentos usando recursos visuais e eletrônicos.

3.3 Controle de Estoque de Sobressalentes Usando o Sistema kanban

Viana (2002) destaca que não se pode manter pequenos estoques nas áreas de uma planta, pois isso afetaria o estoque real da empresa, acarretando quantidades desnecessárias de materiais na planta. No entanto, os autores Nonato (2021), Silva e Anastácio (2018), destacam o uso do kanban como a forma mais facilitada de se controlar o estoque a fim de reduzi-lo.

Para implementar o kanban, o estoque deve ser organizado com cada item disposto em seu devido lugar. O kanban tem a funcionalidade de organizar os processos, facilitar a visualização das etapas, sinalizar baixas de estoque auxiliando a área de comprar, controlar fluxos e permite a visão geral do processo (Nonato, 2021).

Devido a sua simplicidade, agilidade e baixo custo de implantação, o kanban garante o bom desempenho do controle de estoque. Além disso, ele é versátil, podendo ser adaptado a qualquer área da manufatura, usando apenas a engenhosidade e inovação dos colaboradores da empresa (Silva; Anastácio, 2018).

Sendo assim, aplicar o sistema kanban para solucionar a problemática do centro de competência da Gerência de Energia da Hydro Alunorte é o principal objetivo deste trabalho. Inicialmente foi escolhido um centro de competência para implantar e estudar a melhoria desenvolvida. Posteriormente, esta melhoria foi replicada em outro centro de competência, seguindo em implantação até a data da produção deste trabalho.

4 ADAPTAÇÃO DO KANBAN PARA O CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES

A adaptação do Kanban, primeiramente foi implementada no Centro de Competência de Inversores da equipe de manutenção elétrica de baixa tensão da Alunorte, sendo um projeto de melhoria para a rotina desses mantenedores, que precisam ter equipamentos sobressalentes em bom estado e de fácil acesso para manter um inversor de frequência que apresentou falha inesperada.

Portanto, para a equipe de manutenção elétrica de baixa tensão, adaptar o Kanban, seguindo pequenos passos até a obtenção de bons resultados, exigiu inicialmente conhecer a importância do Centro de Competência de Inversores para a rotina da equipe de manutenção de BT, logo após, identificar as falhas e faltas, conhecer e tudo que nele continha para enfim elaborar um cronograma de execução e segui-lo.

4.1 Centro de Competência de Inversores

Como visto na seção 3.2.3, o centro de competência foi criado para manter periféricos sobressalentes de equipamentos que apresentaram parada repentina, de modo a evitar perdas devido à demora em adquirir equipamentos críticos do almoxarifado.

O Centro de Competência de Inversores é o centro de competência pertencente a equipe de manutenção elétrica de baixa tensão. Nele devem estar contidos sobressalentes e periféricos de inversores de frequência que serão usados na hora de retornar à atividade um inversor de frequência que apresentou falha repentina. Abaixo segue imagem da fachada do CCI.

Figura 9 – Fachada do Centro de Competência de Inversores.



Fonte: Autora (2025).

4.1.1 Importância do CCI para a Equipe de Manutenção de Baixa Tensão

O inversor de frequência é um equipamento eletrônico responsável por controlar a velocidade dos motores elétricos. Todo o processo de refino da bauxita para obtenção da alumina além de demandar muita energia, demanda muitos maquinários que são movidos por motores elétricos. Muitos equipamentos do processo não podem parar, principalmente devido a perda total dele.

A base instalada na Hydro Alunorte é de 716 inversores de frequência, vindo desde o Porto (CDP) ao DRS. Portanto, a parada inesperada em qualquer inversor causará danos severos ao processo, se o equipamento não for posto em operação em tempo hábil.

Os inversores possuem uma rotina programa de manutenção preventiva, no entanto, isso não o isenta de falha repentina. Quando um inversor para, as ações para a sua retomada são iniciadas, usando de base simplificada o fluxo mostrado na Figura 8 da seção terciária 3.1.2.

O inversor de frequência apresenta falha ou parada repentina, os mantenedores vão ao local para levantar as causas da falha, após isso, eles precisam acessar os componentes para o reparo do inversor. Nessa fase, os mantenedores primeiramente acessam o CCI em busca do equipamento, caso não haja o equipamento necessário a manutenção emergencial no local, eles seguem ao almoxarifado central, e assim reparar o equipamento. A Figura 10 mostra a visão geral da Alunorte.

Figura 10 – Visão geral da Alunorte, sinalizando o DRS e o Porto.

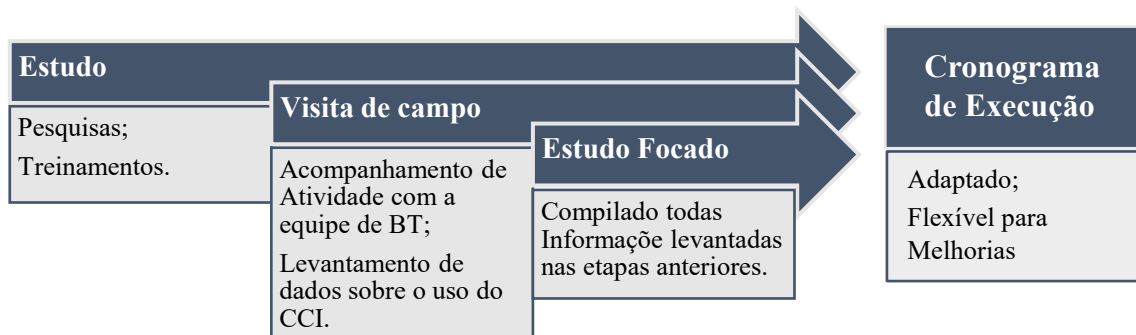


Fonte: Hydro Alunorte (2025).

4.2 Desenvolvendo o Cronograma de Execução

A fase inicial se deu antes da elaboração do Cronograma de Execução, com pesquisas sobre o que era o Kanban, visitas de campo para conhecer a rotina da equipe de manutenção de BT e a sua relação com o CCI. A Figura 11 mostra a trajetória seguida para a construção do Cronograma de Execução, dividida em três etapas: Estudo, Visita de Campo e Estudo Focado.

Figura 11 – Trajetória para a Construção do Cronograma de Execução



Fonte: Autora (2025).

4.2.1 Etapa 1: Estudo

Na primeira etapa, foram realizadas pesquisas sobre sistema kanban, com treinamentos sobre metodologias ágeis, melhoria contínua, todos oferecidos pela Norsk Hydro. As pesquisas autodidatas foram cruciais para a elaboração de ideias de adaptação do Kanban para o Centro de Competência de Inversores. Nesta etapa, foram definidos os principais pontos, no formato de questionamentos a serem considerados durante a Visita de Campo. São estes:

- a) Qual a importância do CCI para a equipe de Baixa Tensão?
- b) Como é controlada a entrada e saída dos equipamentos no CCI?
- c) Existe um inventário do CCI?
- d) Quem tem acesso ao CCI?

4.2.2 Etapa 2: Visita de Campo

Na segunda etapa, houve a visita ao Centro de Competência de Inversores, acompanhada pelo eletricitista que mais sabia sobre como funcionava a rotina do local. Durante a visita de campo, foram consideradas as quatro perguntas definidas na Etapa 1, além de serem acrescentado de mais informações sobre a rotina e o costume de uso do CCI:

- a) importância do CCI para a equipe de BT** – o Centro de Competência de Inversores tem a finalidade de armazenar, o mais perto possível da área, os sobressalentes de uso emergencial e rápido para serem usados diante de uma emergência. A refinaria inteira possui 716 inversores de frequência instalados do DRS ao Porto (CDP). E dada a importância desses drivers para controlar os motores que estão presentes em todos os processos de produção da Alunorte, a necessidade de agir rápido diante de uma falha ou possível falha impacta diretamente na produção;
- b) controle de entrada e saída dos equipamentos do CCI** – Não havia um controle de entrada e saída dos materiais. Todo e qualquer equipamento que fosse da equipe de BT era armazenado no Centro de Competência de Inversores. Equipamentos programados para serem instalados na área, com baixa prioridade de execução do

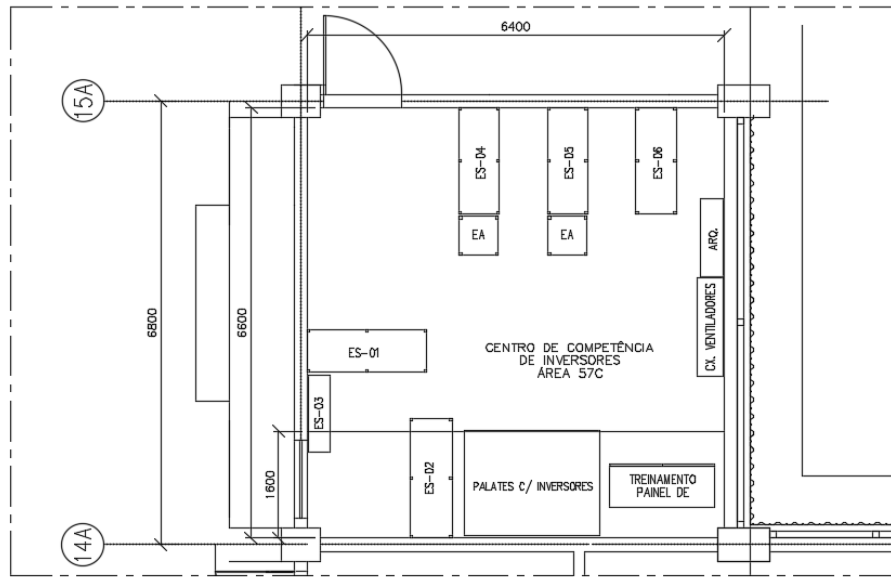
serviço, eram guardados no local. Equipamentos e sobressalentes danificados, queimados e avariados eram armazenados no CCI sem identificação do seu estado;

- c) **inventário do CCI** – Havia um inventário apenas dos drivers que existiam no CCI, mas este não recebia atualização constante. Não havia inventário de sobressalentes e com isso, não havia controle ou histórico do que continha no local. Houve várias tentativas de organização dos equipamentos, o que era perceptível em etiquetas coladas nas prateleiras, na tentativa de uma organização visual, contendo apenas materiais do mesmo fabricante em uma determinada estante. O que existia armazenado no Centro de Competência de Inversores era conhecido por 2 ou 3 mantenedores;
- d) **acesso ao CCI** – Todos os mantenedores da equipe de manutenção elétrica de Baixa Tensão têm acesso ao local, bastando ter a chave para adentrá-lo. Não é adequado restringir o acesso ao CCI devido ser um local para facilitar a aquisição e o acesso a sobressalentes para manter um inversor que apresentou falha emergencial.

Os quatro questionamentos definidos na etapa 1 foram respondidos, e além destes, mais informações foram coletadas. Não havia inventário dos equipamentos que eram guardados no local, não havia controle do que entrava e do que saía, o que existia no CCI não era de conhecimento geral entre a equipe.

O Centro de Competência de Inversores possui área de $43,52 m^2$, possui 3 (três) armários para guardar manuais e alguns materiais de limpeza (trapos, esponjas e sacos para lixo), 6 (seis) estantes com prateleiras para organizar equipamentos, possui uma área de paletes com $3,33 m^2$ para inversores de grande porte e um painel com drivers instalados para treinamento. A Figura 12 mostra o layout do CCI.

Figura 12 – Layout antigo do Centro de Competência de Inversores



Fonte: Autora (2024).

O local estava sendo usado, em algumas ocasiões, como depósito de todo tipo de material. A falta de padronização e de controle do fluxo de entrada e saída de equipamentos acarretou a obstrução do acesso as estantes, áreas de circulação e passagem de entrada. A Figura 13 mostra o Layout antigo com a demarcação das obstruções, a Figura 14 mostra a visão ao entrar no CCI com a passagem obstruída por equipamentos e por fim, a Figura 15, mostrando o corredor entre as estantes também obstruída por equipamentos.

Figura 13 – Locais obstruídos do Centro de Competência de Inversores.



Fonte: Autora, et al (2024).

Figura 14 – Visão ao entrar no Centro de Competência de Inversores.



Fonte: Autora (2024).

Figura 15 – Corredor entre prateleiras obstruído por equipamentos.



Fonte: Autora (2024).

O Apêndice A mostra com mais detalhes a localização das Figuras 14 e 15 no *layout* antigo. Diante do exposto, observa-se a visita de campo foi crucial para levantar dados e conhecer o local e o seu uso rotineiro, e a partir dessas informações, a Etapa 3 pode ser

desenvolvida com detalhes importantes, visando a melhor maneira de implantar uma melhoria sem interferir na rotina de manutenção elétrica da equipe de Baixa Tensão.

4.2.3 Etapa 3: Estudo Focado

Com todas as informações levantadas na Visita de Campo e com os conhecimentos adquiridos na etapa Estudo, foi possível visualizar um cronograma pensando na melhor maneira de executar cada passo dele.

O objetivo principal deste projeto de melhoria, é criação de um controle do fluxo de entrada e saída dos equipamentos do Centro de Competência de Inversores. Mas para isso, era necessário um inventário de tudo o que existia no local, para enfim conseguir controlar esse fluxo de materiais.

Considerando a existência do inventário, pensou-se em várias maneiras de controle da saída e entrada dos equipamentos do CCI. Desde as tecnológicas até as rústicas e manuais. Portanto, mais pesquisas sobre as aplicações do sistema kanban foram realizadas, mas dessa vez, pensando em sanar os desafios reais da equipe manutenção de BT e do uso dado ao CCI.

O uso do QRcode para controlar o fluxo dos equipamentos, por agora, é inviável pois o acesso ao Centro de Competência de Inversores é comum a todos os mantenedores da equipe de BT, e nem todos possuem celular corporativo para conseguir acessar o QRcode restrito, além disso, obrigar o mantenedor a usar o celular pessoal para realizar as tarefas do dia a dia de serviço, vai contra as regras de boa conduta e de proteção de dados e da Norsk Hydro.

Utilizar um sistema de código de barra exigiria a compra ou contratação de equipamentos e softwares para tal. O desafio dessa opção de controle se dava pela demora de implantação, reuniões consecutivas para escolher o melhor equipamento ou software, e após a escolha, todo o processo de autorização de um novo sistema informatizado exigiria um tempo longo demais para um desafio que estava precisando de solução imediata.

Pensou-se, então, em usar uma lista impressa contendo algumas informações dos equipamentos e uma numeração referente a esses equipamentos, para que o mantenedor pudesse anotar manualmente quando algum equipamento entrasse ou saísse do CCI. Mas essa atividade exigiria maior atenção e tempo do colaborador, e diante de uma emergência, esse passo da anotação manual seria postergado, e com isso, a atualização do inventário seria ineficaz.

Por fim, concluiu-se, que a melhor maneira de atualizar o inventário, agilizar a saída dos equipamentos do CCI seguindo a rapidez e a segurança na qual uma tarefa de manutenção emergencial deve ser realizada, seria criar um cartão padrão com as principais informações do equipamento, para cada equipamento e sobressalente existente no local. Este cartão poderia ser inserido em um painel posicionado estrategicamente no CCI, sem a necessidade de o mantenedor registrar eletronicamente ou manualmente a saída do material. Nesse cenário, a atualização do inventário ocorreria por meio deste cartão, a cada 2 (dois) dias um responsável iria ao local e pegaria o cartão para atualizar eletronicamente o inventário.

O inventário foi pensado como uma planilha do Excel, a qual ficaria disponível na plataforma oficial da empresa, o *SharePoint*, na qual todos os colaboradores podem ter acesso, desde que autorizado. A sua atualização seria por meio de uma numeração que cada equipamento receberia, tal numeração seria filtrada na planilha e com uma simples escolha baseada em “validação de dados” do Excel, o equipamento poderia ser marcado como “saído do CCI” e até mesmo como “Entrou no CCI”.

Além de controlar o fluxo do material e criar um inventário passível de atualização constante, era necessário reorganizar o local de modo a facilitar a locomoção e o acesso aos equipamentos, bem como taguear e ordenar estantes e prateleiras e materiais de modo a facilitar visualmente a sua localização durante a emergência de uma manutenção.

4.2.4 O Cronograma de Execução

Após a conclusão das três etapas, pode-se desenvolver o cronograma de execução, o qual foi dividido em 7 (sete) fases, conforme a Tabela 1, cada uma contendo a sua subfase (ver Apêndice B).

Tabela 1 – Cronograma de Execução do projeto de melhoria.

Fase	Atividade	Data de Início	Data de Término
1	Desenvolvimento do Fluxo de Entrada e Saída do Material	21/10/2024	Atualização
2	Levantamento dos Equipamentos para Criação do Inventário	25/11/2024	20/02/2025
3	Criação do Inventário – Planilha Oficial	10/02/2025	Atualização
4	Destinação Adequada dos Materiais Dispensáveis	21/02/2025	28/02/2025
5	Novo Layout do Centro de Competência de Inversores	15/03/2025	17/03/2025
6	Desenvolver documento de instruções de funcionamento do projeto implementado	07/04/2025	10/04/2025
7	Treinamento da Equipe de Mantenedores de Baixa Tensão	11/04/2025	Atualização

Fonte: Autora (2024).

Conforme mostra a Tabela 1, cada fase teve uma data de início, a data de término se mostra como “Atualização” para algumas fases, pois estas são passíveis de melhoria. Apesar do controle do fluxo do material ter sido desenvolvido, ele foi baseado no Kanban.

4.3 Fluxo de Entrada e Saída do Material

A Fase 1 se iniciou com o desenvolvimento do Fluxo de Saída do material, e o seu controle. Na etapa de Estudo Focado, concluiu-se que todos os equipamentos deveriam receber um kanban (cartão) contendo as suas principais informações técnicas. Este kanban seria o controle do Fluxo de Saída e da atualização do Inventário. Logo, a Fase 1 foi dividida em 4 (quatro) subfases, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Cronograma de Execução: Fase 1 com suas subfases.

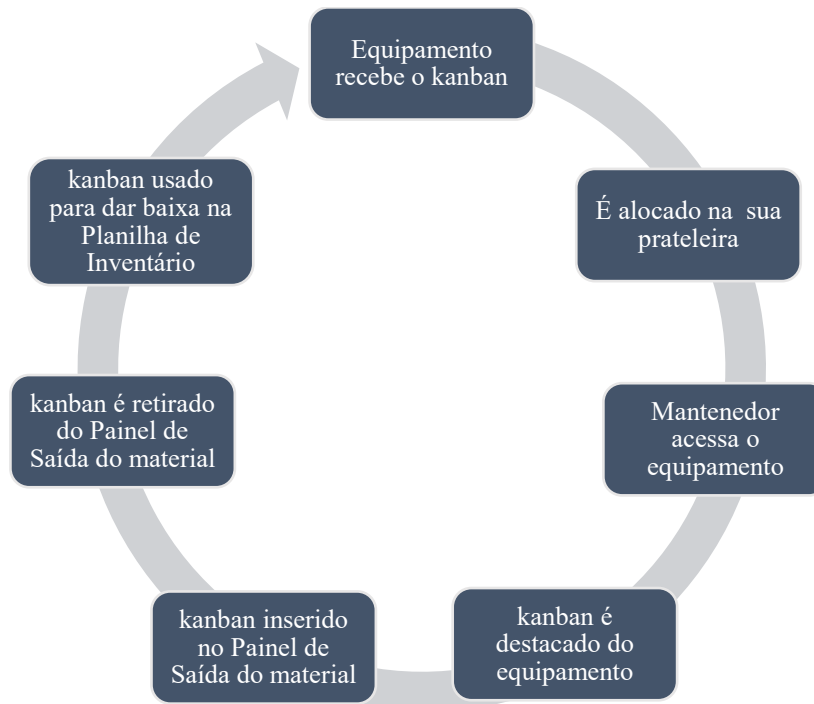
Fase	Atividade	Data de Início	Data de Término
1	Desenvolvimento do Fluxo de Entrada e Saída do Material	21/10/2024	Atualização
1.1	Criação da etiqueta de Levantamento de Inventário – Etiqueta Provisória	30/11/2024	06/12/2024
1.2	Criação do Cartão do Material – kanban do material	18/11/2024	14/03/2025
1.3	Criação do Painel do Fluxo de Saída do Material	21/11/2024	03/01/2025
1.4	Criação das placas e plaquetas de identificação de prateleiras, armários e entrada do CCI	21/04/2025	02/06/2025

Fonte: Autora (2024).

4.3.1 Fluxo de Entrada e Saída do Material

O Fluxo de Saída do equipamento do Centro de Competência de Inversores foi pensada para ser rápida, sem exigir mais tempo do mantenedor para registrá-la. Ou seja, o processo do Fluxo de Saída é facilitado pelo cartão de informações contido no material que vai ser transitado por cada etapa do fluxo. Assim sendo, primeiramente o equipamento recebe o kanban, depois, o mantenedor acessa o equipamento para atender a uma manutenção emergencial da área, em seguida, o kanban é retirado do equipamento e inserido em um painel estrategicamente instalado no CCI; até este momento, o kanban, denominado de Cartão do Material facilitou o processo de retirada do equipamento pelo mantenedor e em nenhum momento ele teve que se dispor a registrar manualmente a saída do equipamento, no máximo, registro de sua rubrica e data de saída será exigido. E, finalmente, o kanban passará para o processo de atualização do inventário do Centro de Competência de Inversores, onde ele (kanban) será usado para dar baixa na Planilha de Inventário do equipamento que saiu. O Fluxo de Entrada e Saída do material segue ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Fluxo de Entrada e Saída do equipamento do Centro de Competência de Inversores.

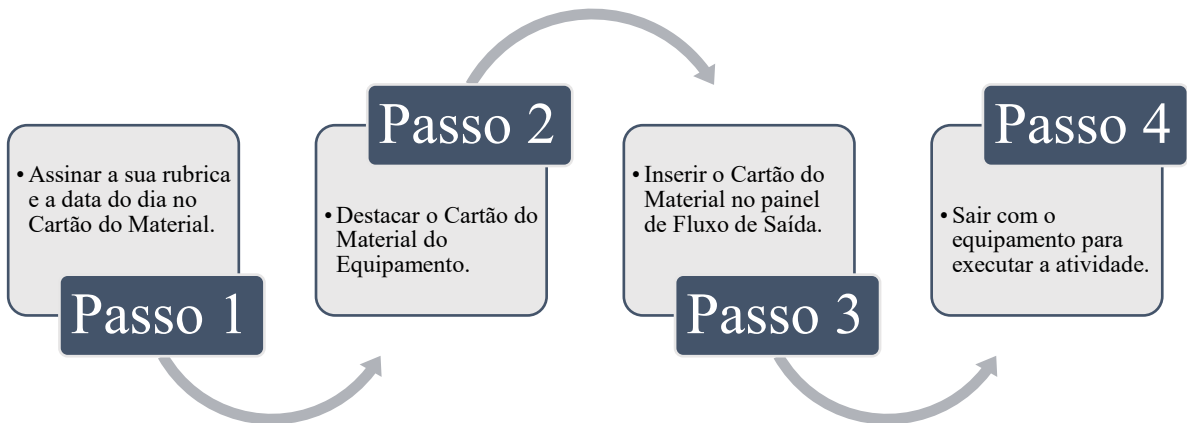


Fonte: Autora (2024).

Neste fluxo, o responsável por retirar o kanban do Pannel de Saída, dar baixa na Planilha de Inventário deve ser principalmente o mantenedor e/ou supervisor da manutenção de BT. Enquanto, catalogar um novo equipamento para adentrar o CCI com um kanban é de responsabilidade da engenharia de manutenção, uma vez na qual a Planilha de Inventário, ao ser disponibilizada para todos, estará com várias colunas protegidas por senha, deixando livre para edição apenas as colunas necessárias a atualização do Fluxo do Material.

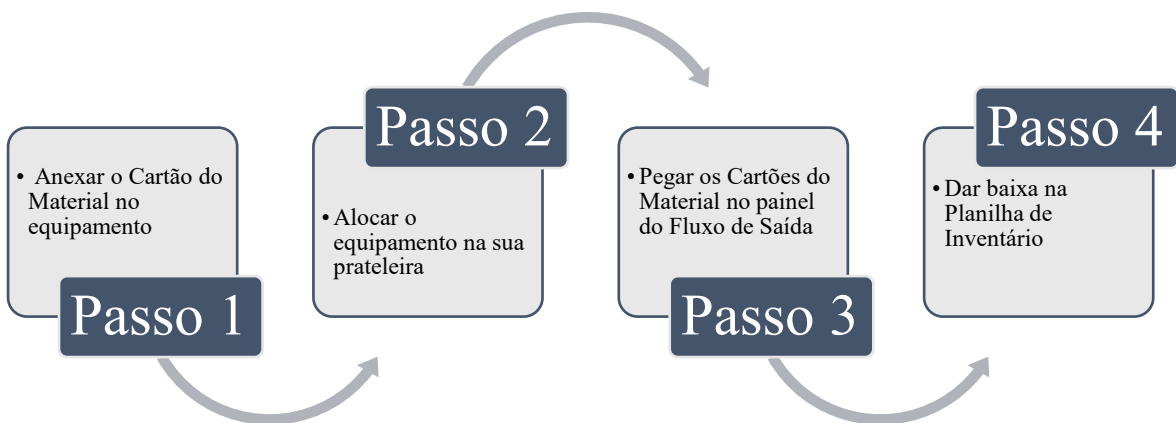
As Figuras 17 e 18 definem o dever do mantenedor e dos engenheiros e supervisores. Apesar de cada um ter o seu dever para manter o fluxo operante e controlado, todos os que retirarem o material, independente de quem seja, devem seguir as regras gerais do Fluxo de Saída do material incluindo atualizar a Planilha de Inventário como uma atitude de boas práticas.

Figura 17 – Dever do mantenedor dentro do Fluxo de Saída do material.



Fonte: Autora (2025).

Figura 18 – Dever da engenharia de manutenção e supervisores da manutenção.



Fonte: Autora (2025).

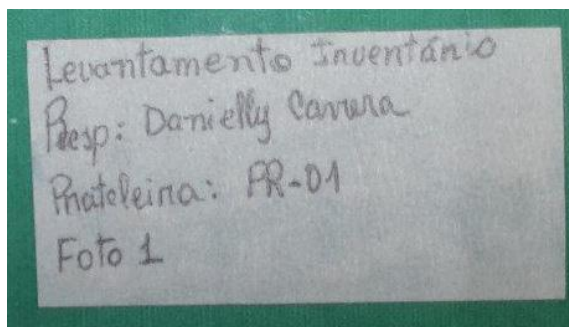
4.3.2 Etiqueta de Levantamento de Inventário

Para iniciar a fase de Levantamento de Inventário, foram usados os recursos disponíveis no momento para marcar os equipamentos já inventariados, passando por versões melhoradas. No total, foram 3 (três) versões de etiquetas, confeccionadas com recursos de fácil acesso.

A versão 1 foi criada com fita crepe e caneta esferográfica, a fita era colada no equipamento informações manuscritas como o título “Levantamento Inventário”, nome do responsável, TAG da prateleira, e numeração do equipamento (“Foto”). Nesse momento, o

levantamento demandava um longo tempo para escrever as informações na fita crepe, cortar em tamanho padrão para colar no equipamento. A Figura 19 mostra a versão 1 da etiqueta.

Figura 19 – Versão 1 da etiqueta de levantamento de inventário



Fonte: Autora (2024).

Para reduzir o tempo de escrita, a versão 2 da etiqueta foi desenvolvida no *software* Excel para que pudesse ser impressa em papel A4. Nesta etapa, o tempo de escrita reduziu significativamente. Enquanto na versão 1 era necessário escrever 4 (quatro) linhas de informações, na versão 2 bastava anotar o número do equipamento, denominado nesse momento como “Foto” e a marcação (TAG) da prateleira. Desta vez, foi usado caneta esferográfica para escrever o campo “Foto”, fita adesiva transparente de larga espessura para colar a etiqueta no equipamento e tesoura para cortar a fita adesiva. As imagens “a” e “b” da Figura 20 mostram a etiqueta desenvolvida no software e a versão 2, respectivamente.

Figura 20 – Versão 2 da etiqueta de levantamento do CCI.

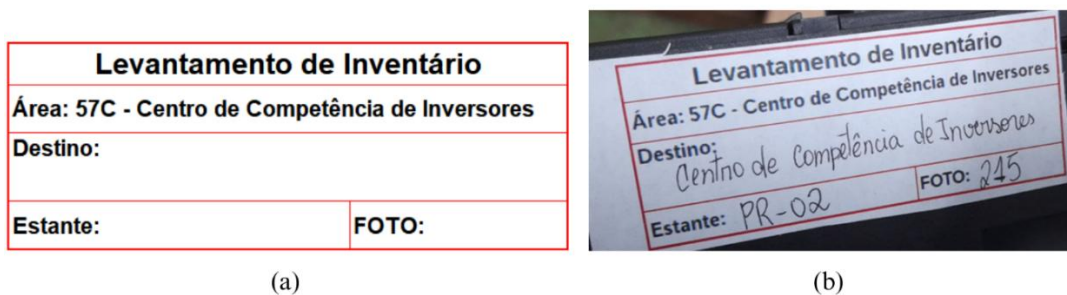


Fonte: Autora (2025).

A versão 3, foi desenvolvida para eliminar o tempo de corte da fita adesiva transparente e houve atualização nas informações impressas nela. Esta nova etiqueta foi impressa em papel

autoadesivo, o nome do responsável deu lugar a área na qual o Centro de Competência de Inversores está localizado dentro da refinaria de alumina. Esta versão possibilitou a agilidade do levantamento, pois já não havia mais necessidade de cortar fita adesiva transparente para colar a etiqueta, bastava destacar e colar, já que o próprio papel no qual ela foi impressa era autoadesivo. As imagens “a” e “b” da Figura 21 mostram a etiqueta desenvolvida no software e a versão 3, respectivamente.

Figura 21 – Versão 3 da etiqueta de levantamento do CCI.



Fonte: Autora (2025).

Durante a confecção das etiquetas, pensou-se em inserir uma área (“Destino”) designada para escrever para onde o equipamento deveria ser realocado: se ficaria no CCI, se iria para a Oficina Central da refinaria para receber reparo ou se seria descartado. Porém, ao longo do levantamento, essa área foi se tornando inutilizável pois os equipamentos foram saindo aos poucos do CCI, permanecendo apenas os que deveriam ficar.


4.3.3 Cartão do Material – kanban


Durante a Visita de Campo, foi reunido informações sobre o que mais importava para o mantenedor saber sobre o equipamento durante a manutenção. Portanto, o Cartão do Material foi desenvolvido baseado nessas informações. Todas as informações contidas no Cartão do Material existiriam na Planilha de Inventário, mas nem todas as informações da Planilha estariam contidas no Cartão do Material.

O Cartão do Material é o uso perfeito do sistema kanban desenvolvido por Taiichi Ohno (1997), pois nele contém as informações sobre o material além de poder ser transportado por

todos os processos do Fluxo de Saída do material do Centro de Competência de Inversores. A Figura 22 mostra a ilustração do Cartão do Material do modelo não preenchido e modelo preenchido, respectivamente.

Figura 22 – Modelo de Cartão do Material.

PASSE A FITA PARA FIXAÇÃO AQUI		
 CARTÃO DO MATERIAL		
MATERIAL:		
LINHA/TIPO:		
REFERÊNCIA:	FABRICANTE:	
CÓD. SAP:	CORREDOR:	EQP.:
APLICAÇÃO:		
LOCALIZAÇÃO:		
RETIRADO POR:	DATA:	

PASSE A FITA PARA FIXAÇÃO AQUI		
 CARTÃO DO MATERIAL		
MATERIAL:		
MÓDULO DE COMUNICAÇÃO PROFIBUS DP		
LINHA/TIPO:		
FPBA-01		
REFERÊNCIA:	FABRICANTE:	
68469325X	ABB	
CÓD. SAP:	CORREDOR:	EQP.:
380717		1157
APLICAÇÃO:		
COMPATÍVEL COM ACS355, ACSM1, ACS850, ACS880, ACQ810 E ACS580		
LOCALIZAÇÃO:		
CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES		
RETIRADO POR:	DATA:	

(a) (b)

Fonte: Idealizado pela autora (2024).

Durante a manutenção elétrica, seja programada ou emergencial, o electricista deve manter a atenção ao verificar se adquiriu o equipamento correto. O kanban anexado ao material contém as principais informações do equipamento. Ao invés do mantenedor revirar o equipamento a procura da etiqueta original do fornecedor, ou ao invés de ele abrir toda a caixa do equipamento para verificar o seu conteúdo, basta ele olhar no Cartão do Material, e nesse momento, ao definir que é o material correto, assinar a sua rubrica e a data, destacar o cartão e inserir no painel ao sair do centro de competência.

O Cartão do Material foi projetado para ter as dimensões mínima de 10x8 centímetros e máxima de 15x10 centímetros, ele possui um espaço reservado na parte superior para usar uma fita adesiva para anexá-lo ao equipamento. A escolha do tamanho varia de acordo com o

equipamento; equipamentos de grande porte podem receber os cartões com máxima dimensão e os de pequeno porte podem receber os cartões com a menor dimensão. As cores contidas no cartão foram escolhidas conforme o padrão da Norsk Hydro. A produção deste cartão pode ser feita em papel comum ou podem ser impressas em papel especial.

4.3.4 Painel do Fluxo de Saída do Material

Após definida as dimensões do Cartão do Material, o Painel de Saída do material pode ser dimensionado, as cores escolhidas também são padrão da empresa. Painel foi confeccionado em material durável, também padrão da Norsk Hydro, com dimensões de 35x25 centímetros, contendo uma bolsa acrílica no seu centro para inserir o Cartão do Material destacado do equipamento. A Figura 23 mostra o painel do Fluxo de Saída do material.

Figura 23 – Painel do Fluxo de Saída para inserir o Cartão do Material.



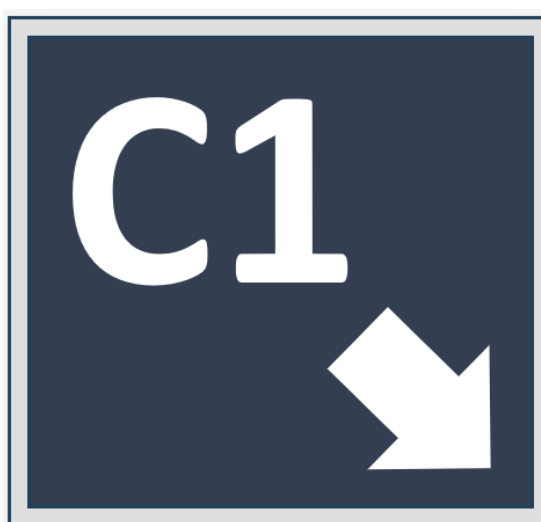
Fonte: Idealizado pela autora (2024).

4.3.5 Placas e plaquetas do CCI

Para melhor visualização da localização dos equipamentos no Centro de Competência de Inversores, pensou-se em placas para identificar o corredor entre estantes e plaquetas para identificação das prateleiras.

A quantidade de placas para identificar o corredor entre as estantes só pôde ser definida após a reordenação do layout do CCI (Fase 5), porém o seu modelo pôde ser definido antecipadamente. Os corredores seriam tagueados como “C1”, onde “C” é corredor e “1” a numeração do corredor. As cores escolhidas para essas placas foram baseadas no padrão de cores da Norsk Hydro. A Figura 24 mostra o exemplo da placa do corredor, a seta com orientação para sudeste, logo abaixo da TAG, aponta especificamente para o corredor, uma vez que as placas serão instaladas no alto do início do corredor.

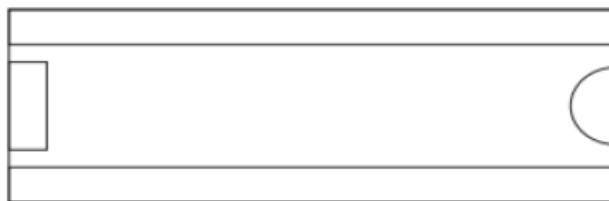
Figura 24 – Modelo da placa de identificação do corredor do CCI.



Fonte: Idealizado pela autora (2024).

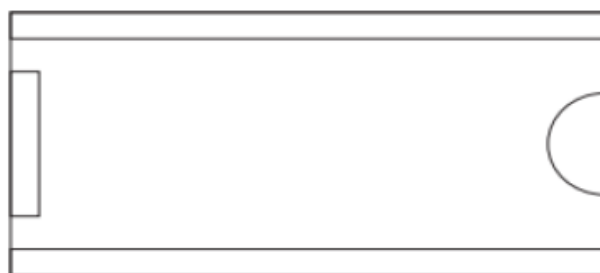
As plaquetas para identificar as prateleiras foram pensadas para inserir nelas uma etiqueta contendo o nome do equipamento que estará armazenado ali, desta mesma forma foi idealizada a plaqueta de identificação dos armários do CCI. As plaquetas foram desenvolvidas em acrílico transparente, com dimensões de 13x17 centímetros para as prateleiras e 22x22 centímetros para os armários. As Figuras 25 e 26 mostram o modelo das plaquetas da prateleira e do armário, respectivamente. E finalmente, a placa de identificação da entrada do Centro de Competência de Inversores, conforme Figura 27, com dimensões de 60x30 centímetros.

Figura 25 – Plaqueta 13x17 centímetros para prateleiras.



Fonte: Idealizado pela autora (2024).

Figura 26 – Plaqueta 22x22 centímetros para armários.



Fonte: Idealizado pela autora (2024).

Figura 27 – Placa de identificação do Centro de Competência de Inversores.



Fonte: Idealizado pela autora (2024).

4.4 Levantamento de Inventário

Para o levantamento de inventário do Centro de Competência de Inversores, foram usadas as etiquetas de levantamento, caneta piloto e esferográfica, fita crepe e o aplicativo de mensagens instantânea Telegram. Abaixo, segue a Tabela 3 contendo a subfase da Fase 2.

Tabela 3 - Cronograma de Execução: Fase 2 com sua subfase.

Fase	Atividade	Data de Início	Data de Término
2	Levantamento dos Equipamentos para Criação do Inventário	25/11/2024	20/02/2025
2.1	Inserir a etiqueta de levantamento nos materiais e fotografar a sua etiqueta de referência do fabricante.	25/11/2024	20/02/2025

Fonte: Autora (2024).

Conforme a descrição da subfase 2.1 na Tabela 3, o fluxo básico do levantamento é colar a etiqueta de levantamento no material e fotografar a etiqueta de levantamento e a etiqueta de referência do fabricante.

Se tratando de um ambiente com vários equipamentos, dispostos em 6 (seis) estantes e em paletes no chão, fez-se necessário identificar as estantes antes de inserir a primeira etiqueta provisória e registrar a primeira fotografia. Usou-se fita crepe e caneta esferográfica para identificar as estantes, conforme mostra a Figura 28.

Figura 28 – Estantes do CCI identificadas para levantamento de inventário.



Fonte: Autora (2024).

As estantes foram marcadas como: PR-01, PR-02, PR-03, PR-04, PR-05 e PR-06. O que facilitou o levantamento dos equipamentos. O aplicativo Telegram foi escolhido para armazenar as fotos do levantamento devido a facilidade do envio de informações e

principalmente a ótima qualidade de resolução das imagens. Abaixo segue o passo a passo para a execução do levantamento.

- Passo 1: anotar a TAG da estante e o número da foto, nos campos indicados na etiqueta de levantamento, conforme indicado na Figura 29.

Figura 29 – Preenchimento dos principais campos da etiqueta de Levantamento de Inventário.

Levantamento de Inventário	
Área: 57C - Centro de Competência de Inversores	
Destino:	
Estante: PR-05	FOTO: 864

Fonte: Autora (2024).

- Passo 2: colar a etiqueta preenchida no equipamento, próximo a etiqueta de informações do fabricante, conforme a Figura 30.

Figura 30 – Etiqueta de inventário colada próximo a etiqueta de informações do fabricante.



Fonte: Autora (2024).

- Passo 3: fotografar a etiqueta de informações do equipamento e a etiqueta provisória do levantamento, conforme Figura 30, do passo 2. Caso não seja possível colar a etiqueta de levantamento próximo a do fabricante, fotografar a etiqueta do fabricante e nomear a foto com a TAG da estante e o número da “Foto”, conforme Figura 31.

Figura 31 – Foto com legenda fixa das principais informações para o levantamento.

Principais informações contidas na etiqueta colada no equipamento.



Fonte: Autora (2024).

- Passo 4: nomear a foto com as informações: tag da estante e numeração da “Foto” e enviar no aplicativo Telegram.

Ou seja, são 4 (quatro) passos a serem seguidos para armazenar as informações levantadas sobre os equipamentos, para posteriormente serem catalogadas em uma planilha eletrônica, dando origem a Planilha de Inventário.

O objetivo de colar a etiqueta do levantamento próximo a etiqueta de informações do fabricante no equipamento é que todas as informações contidas nas duas etiquetas possam estar em uma única fotografia. Porém, como visto no Passo 3, isso não será possível em alguns equipamentos, sendo necessário obter duas imagens do mesmo produto ou usar a técnica de legendar a foto conforme mostra a Figura 31, no passo 3.

4.5 O Inventário: Planilha Eletrônica

Conforme as imagens do levantamento surgiam, o desenvolvimento da Planilha de Inventário crescia. A Fase 3 teve o seu início conforme mostra a Tabela 4 e vem sendo atualizada conforme equipamentos entram e saem do Centro de Competência de Inversores.

Tabela 4 – Cronograma de Execução: Fase 3 com suas subfases.

Fase	Atividade	Data de Início	Data de Término
3	Criação do Inventário – Planilha Oficial	10/02/2025	Atualização
3.1	Preencher o Cartão do Material	10/04/2025	14/04/2025
3.2	Imprimir o Cartão do Material preenchido	21/04/2025	09/07/2025

Fonte: Autora (2024).

A planilha foi construída para conter as informações elétricas do equipamento, localização no centro de competência e localização numérica no SAP. O **Apêndice C** mostra a lista de títulos contidos na Planilha de Inventário com informação de quais colunas são importantes para o preenchimento do Cartão do Material (kanban).

No total, a Planilha de Inventário possui 20 colunas que vão de “A” a “T”, no software Excel. E nela foram catalogados 2859 equipamentos, sem contar com os equipamentos não catalogados que foram diretamente descartados devido estarem avariados. Foram 85 inversores de frequência e 2728 periféricos sobressaletes. Dos equipamentos catalogados, 40 foram descartados e 8 foram realocados. A Figura 32 mostra em forma de gráfico os tipos de equipamentos catalogados na Planilha de Inventário.

A Planilha contém 42 itens desnecessários, os quais estão armazenados no Centro de Competência de Inversores, aguardando realocação ou descarte, deixando um total de 1120 itens que podem variar para mais ou para menos, conforme a entrada ou saída do material.

Figura 32 – Dados numéricos dos equipamentos catalogados na Planilha de Inventário.



Fonte: Autora (2024).

4.5.1 Atualização da Planilha de Inventário

Com todos os equipamentos catalogados, a planilha pode ser disponibilizada na principal plataforma colaborativa da refinaria, o Share Point. Mas para tal, fez-se necessário, por segurança, bloquear algumas colunas para que não houvessem edições equivocadas durante a sua atualização.

As colunas de “A” a “Q” (ver Apêndice C) são bloqueadas para edição, enquanto as colunas “R”, “S” e “T” são desbloqueadas para que o mantenedor possa atualizá-la: inserindo o STATUS (amarelo) “saída”, se saída do material do CCI; inserindo a DATA (alaranjado); inserindo a DESTINAÇÃO (roxo), indicando para onde foi instalado o equipamento que saiu. Ver Figura 33.

Figura 33 – Indicação colunas desbloqueadas da Planilha de Inventário para atualização.

R	S	T
DESTINAÇÃO	DATA	STATUS
SE-03D-1	15/07/2025	SAÍDA
		SAÍDA
		ENTRADA

Fonte: Autora (2025).

A Planilha conta com a função de “Formatação Condicional”, de modo a pintar da cor cinza a linha inteira do equipamento que saiu, ou pintar a linha inteira da cor verde caso seja marcado um equipamento que entrou no Centro de Competência de Inversores. Essa função faz com que haja uma organização visual na Planilha de Inventário, de modo a saber rapidamente se um determinado equipamento saiu ou entrou no local. Uma gestão visual e eletrônica do fluxo do material, conforme mostra a Figura 34.

Figura 34 – Visão por cor do fluxo do material na Planilha de Inventário.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Nº EQP	TANTE	CÓD. SAP	QTD	MATERIAL	FABRICANTE	LINHA / TIPO	REFERÊNCIA	Nº SÉRIE	APLICAÇÃO / INFORMAÇÃO	DESTINAÇÃO	DATA	STATUS							
192		389717	1	MÓDULO DE COMUNICAÇÃO	ABB	FPBA-01	60469325X		COMPATÍVEL COM ACS355, ACSM1, ACS8	Instalado no IFF-03E-20E	18/07/2025	SAÍDA							
101-03		389717	1	MÓDULO DE COMUNICAÇÃO PRQ	ABB	FPBA-01M	60469325L342376CO	5200203	COMPATÍVEL COM ACS355, ACSM1, ACS8										
102-03		389304	1	MÓDULO ADAPTADOR PROFIBUS	ABB	FPBA-01		64606899	C3080230	PARA ACS550 E ACS800									
103-03			1	MÓDULO DE EXTENSÃO I/O AN	ABB	PAIO-01	64379224H30E0002	3050002EL											
104-03		390664	1	PLACA KIT DE INTERFACE PRIN	ABB	AINT_02C SP KIT	64802909C	2410774EE	USAR NO ACS800										
105-03			1	PLACA DE INTERFACE PRINCIP	ABB	NINT-53C	61953299E	3050004EL											
106-03		390664	1	PLACA KIT DE INTERFACE PRIN	ABB	AINT_02C SP KIT	64802909C	2409980EE											
107-03			1	PLACA DE ALIMENTAÇÃO PR	ABB	APOW-03C	64095668B	1330930EE											
109-03			1	PLACA DE ALIMENTAÇÃO PRINC	ABB	APOW-01C	64095668B	304957EE											
110-03		390664	1	PLACA KIT DE INTERFACE	ABB	AINT_02C SP KIT	64802909C	2409799EE											
116-03		362264	1	CONTROLADOR UNIVERSAL DE	ABB	LMC22-FBP-0	15A-650000P0100	*0437676*											
119-03		362264	1	CONTROLADOR UNIVERSAL	ABB	LMC22-FBP-0	15A-650000P0100	*0437676*											
122-03		300308	1	CONTROLADOR UNIVERSAL DE	ABB	LMC100.3 DC	15A-650000P0100	*0000369*											

Fonte: Autora (2025).

4.5.2 Preenchimento do Cartão do Material

Com todos os equipamentos catalogados, o Cartão do Material foi preenchido usando a função “PROCV” do software Excel. Inserindo o número do equipamento (Nº EQP), localizado na coluna “A”, todas as demais informações necessárias para preencher o kanban apareciam no seu devido “quadrado”, agilizando assim o preenchimento dos 1120 itens do inventário. E iniciando, posteriormente, o processo de impressão destes kanban para anexar aos equipamentos.

O Cartão do Material também possui bloqueio de segurança em suas células, sendo liberada apenas a célula com espaço para digitar o número do equipamento denominado de “EQP”. Na Figura 35, a marcação na cor verde mostra a única célula desbloqueada do kanban, enquanto que a marcação na cor amarela mostra uma marcação denominada de “PAR 1”, que serve apenas para contagem dos cartões durante a sua organização na folha de impressão. No máximo deve conter dois pares em uma mesma folha tamanho A4.

Na parte inferior do Cartão do Material há um espaço reservado para a rubrica do mantenedor e a data que o cartão foi destacado do material, esta data fica marcada como sendo o dia que o material saiu do Centro de Competência.

Figura 35 – Cartão do Material: localização da célula para preenchimento.

PASSE A FITA PARA FIXAÇÃO AQUI		
Hydro CARTÃO DO MATERIAL		
MATERIAL: MÓDULO DE COMUNICAÇÃO PROFIBUS DP		
LINHA/TIPO: FPBA-01		
REFERÊNCIA: 68469325X	FABRICANTE: ABB	
CÓD. SAP: 380717	CORREDOR:	EQP.: 1156
APLICAÇÃO: COMPATÍVEL COM ACS355, ACSM1, ACS850, ACS880, ACQ810 E ACS580		
LOCALIZAÇÃO: CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES		
RETIRADO POR:	DATA:	

PASSE A FITA PARA FIXAÇÃO AQUI		
Hydro CARTÃO DO MATERIAL		
MATERIAL: MÓDULO DE COMUNICAÇÃO PROFIBUS DP		
LINHA/TIPO: FPBA-01		
REFERÊNCIA: 68469325X	FABRICANTE: ABB	
CÓD. SAP: 380717	CORREDOR:	EQP.: 1157
APLICAÇÃO: COMPATÍVEL COM ACS355, ACSM1, ACS850, ACS880, ACQ810 E ACS580		
LOCALIZAÇÃO: CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES		
RETIRADO POR:	DATA:	

Fonte: Autora (2025).

4.6 Destinação Adequada dos Materiais Dispensáveis

Destinar adequadamente os materiais avariados e dispensáveis é um dever para com o meio ambiente. A Tabela 5 mostra a fase 4 do Cronograma de Execução, da destinação adequada dos materiais dispensáveis.

Tabela 5 - Cronograma de Execução: Fase 4 com suas subfases.

Fase	Atividade	Data de Início	Data de Término
4	Destinação adequada dos materiais dispensáveis	13/02/2025	Atualização
4.1	Identificar equipamento com OM programada e inserir na priorização	06/03/2025	07/03/2025

Fonte: Autora (2024).

Muitos materiais foram descartados durante a fase de Levantamento de Inventário sem receber a etiqueta de levantamento devido não ser necessário. No entanto, 48 itens levantados saíram do centro de competência de inversores, conforme mostra a Figura 32, na sessão secundária 4.5. Destes, 40 itens foram para descarte e 8 itens foram para instalação na área.

Os materiais que estavam em estado de avaria foram separados e descartados no lixo eletrônico de reciclagem da refinaria, ver Figura 36.

Figura 36 – Separação de materiais para descarte.



Fonte: Autora (2024).

Os materiais armazenados no Centro de Competência de Inversores que aguardavam o planejamento da OM (Ordem de Manutenção), foram identificados e inseridos na priorização para serem instalados na área. A Figura 37 mostra o resistor de aterramento que estava armazenado no CCI aguardando planejamento da OM.

Figura 37 – Resistor de aterramento aguardando priorização de OM para instalação.



Fonte: Autora (2024).

4.7 Novo Layout do Centro de Competência de Inversores

Para melhor acesso e fácil movimentação de materiais no CCI, fez-se necessário modificar o layout, mudando as estantes e os armários de lugar, instalando as placas e plaquetas de identificação, anexar os Cartões do Material nos equipamentos e organizá-los nas estantes. O cronograma de execução da fase 5 segue abaixo na Tabela 6.

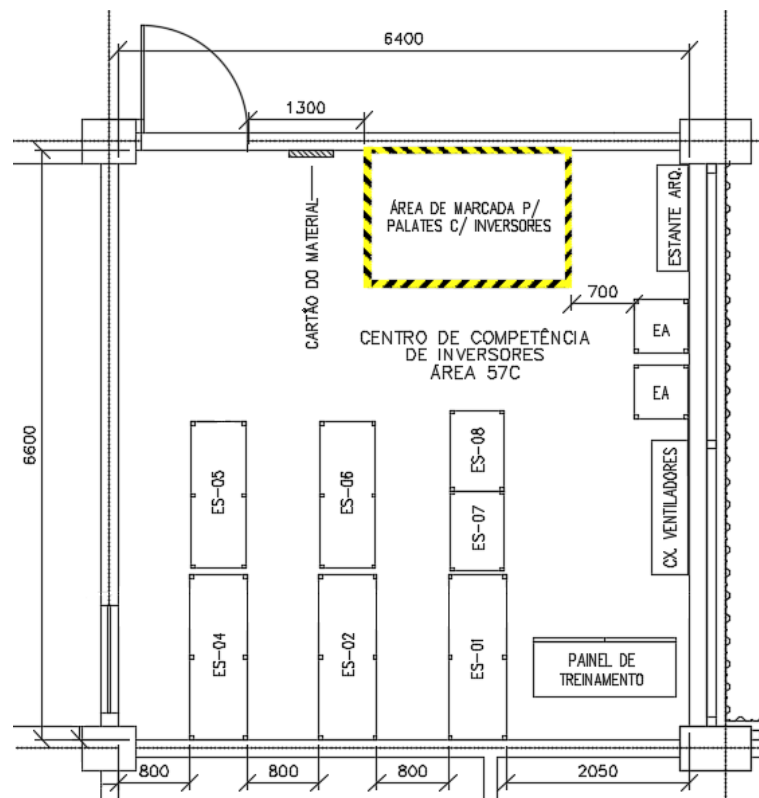
Tabela 6 – Cronograma de Execução: Fase 5 com suas subfases.

Fase	Atividade	Data de Início	Data de Término
5	Novo Layout do Centro de Competência de Inversores	15/03/2025	17/03/2025
5.1	Organização do novo layout conforme projeto	15/03/2025	17/03/2025
5.2	Instalar as placas e plaquetas	10/07/2025	10/07/2025
5.3	Anexar o Cartão do Material nos equipamentos	22/04/2025	Atualização

Fonte: Autora (2024).

O Centro de Competência de Inversores possuía 6 (seis) estantes, 3 (três) armários para manuais e uma área com paletes para inversores de grande porte. Mais duas estantes foram inseridas no local, totalizando 8 (oito) estantes com prateleiras para armazenar materiais. Optou-se por realocar a área de paletes para próximo da porta de entrada e saída da sala, e reorganizar todas as estantes paralela a porta de acesso do CCI, conforme Figura 38.

Figura 38- Novo layout do Centro de Competência de Inversores.



Fonte: Autora (2024).

Ainda na Figura 38, pode-se identificar que o painel do Fluxo de Saída para inserir o Cartão do Material foi instalado na porta de entrada. Esse local para o painel é estratégico, pois assim que o kanban for destacado do material, ele será inserido no painel que já estará na saída do CCI. As medidas contidas no desenho acima estão em milímetro.

A seguir, as imagens do painel do Fluxo de Saída do material instalado ao lado da porta de acesso ao CCI, do Cartão do Material anexado aos equipamentos com a fita adesiva transparente na área indicada, as placas de identificação do corredor e da entrada do Centro de Competência de Inversores e as plaquetas das prateleiras de equipamentos.

Figura 39 – Painel do Fluxo de Saída e Cartão do Material instalados.



Fonte: Autora (2025).

Figura 40 – Placa de identificação do corredor instalada no CCI.



Fonte: Autora (2025).

Figura 41 – Plaquetas de identificação das prateleiras instaladas no CCI.



Fonte: Autora (2025).

4.8 Disponibilização das Regras de Uso e o Treinamento

As fases a seguir são uma das principais etapas da implantação do Kanban. Anderson (2011) diz que deixar explícito as políticas do processo é uma propriedade do Kanban. Portanto, desenvolver um documento contendo todas as instruções do processo, disponibilizar para todos e ir mais além, treinando toda a equipe que o utilizará, fará com que o projeto se desenvolva positivamente. Portanto, as Fases 6 e 7 do Cronograma de Execução, ver Tabela 7, são essenciais para o sucesso deste projeto.

Tabela 7 - Cronograma de Execução: Fases 6 e 7.

Fase	Atividade	Data de Início	Data de Término
6	Desenvolver documento de instruções de funcionamento do projeto implementado	07/04/2025	10/04/2025
7	Treinamento da Equipe de Mantenedores de Baixa Tensão	11/04/2025	Atualização

Fonte: Autora (2024).

As instruções de uso do centro de competência foram desenvolvidas principalmente no quesito de conhecer o processo de funcionamento do Fluxo do Material. Treinar os mantenedores para executarem a sua tarefa dentro do processo e deixar claro as responsabilidades e boas práticas de cada membro da equipe (mantenedores, supervisores, engenheiros e gerentes da área da manutenção de elétrica). Abaixo segue o fluxo sequencial dos passos que o mantenedor deve realizar.

Figura 42 – Principais obrigações do mantenedor no Fluxo de Saída do material.



Fonte: Autora (2024).

A Planilha de Inventário contém uma planilha primária denominada de “INSTRUÇÃO”, nela está todas as instruções de uso da própria planilha e do funcionamento do Fluxo de Entrada e Saída do Material.

A Planilha está disponível no SharePoint, uma plataforma colaborativa da Microsoft utilizada pela Norsk Hydro. O Apêndice D mostra o descritivo da planilha “INSTRUÇÃO”.

4.9 Replicação do Projeto de Adaptação do Kanban

Por se tratar de um projeto baseado na metodologia Kanban, ele pode ser replicado seguindo os mesmos passos descritos nas seções anteriores. Portanto, este projeto encontra-se em replicação no Centro de Competência da 56A da Equipe de Manutenção de Alta Tensão.

A Hydro Alunorte é organizada por áreas, onde cada uma é responsável por um processo da produção de refino. No total a refinaria possui 97 áreas com suas respectivas subdivisões classificadas por letras do alfabeto. A 56A é a área de Distribuição de Energia, e a área 57C é a Central de Cogeração, ambas são gerenciadas por uma única gerência denominada de Gerência de Energia.

Para dar início a replicação do projeto, foi realizada a Visita de Campo e identificou-se a inexistência de um inventário, contando apenas com o conhecimento de alguns eletricitistas e mantenedores que utilizam o local. O Cronograma de Execução foi desenvolvido e particionado em 8 (oito) fases, conforme pode ser visto na Figura 43.

Figura 43 – Cronograma de execução para o Centro de Competência da equipe de manutenção de AT.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO				
PROJETO: CONTROLE DE SOBRESSALENTES DO CENTRO DE COMPETÊNCIA DA 56A				
FASE	ATIVIDADE	STATUS	INÍCIO	TÉRMINO
1	Programar nota no SAP para organização do local	Em execução	09/05/2025	03/06/2025
1.1	Semana 1	Executado	23/05/2025	23/05/2025
1.2	Semana 2	Executado	03/06/2025	03/06/2025
2	Levantamento dos Materiais - Produção de Etiquetas e Abrir Nota no SAP	Em execução	15/05/2025	Em execução
2.1	Produção e impressão das etiquetas	Executado	15/05/2025	23/06/2025
2.2	Colar etiqueta de indentificação e numeração do equipamento	Em execução	08/07/2025	Em execução
3	Criar Inventário do Centro de Competência da 56A	Em execução	18/07/2025	Em execução
3.1	Inserir dados do material	Em execução	18/07/2025	Em execução
3.2	Inserir NE do material (cód sap)			
4	Cartão de Identificação do Material e Etiquetas das Estantes			
4.1	Preenchimento do Cartão de Identificação do Material			
4.2	Preenchimento da Etiqueta de Identificação das Estantes			
4.3	Mandar para fabricação			
5	Organização, Sinalização e Etiquetamento de Estantes e Materiais			
5.1	Colocar etiqueta de identificação nas estantes e prateleiras			
5.2	Anexar o Cartão de Identificação no material			
5.3	Identificação de área para carga e descarga de equipamentos			
6	Desenvolver o documento sobre o uso do Inventário e funcionamento do Fluxo			
7	Carregar a Planilha de Inventário no SharePoint			
8	Treinamento do pessoal que utilizará o Centro de Competência da 56A			

Fonte: Autora (2025).

O Centro de Competência da 56A estava armazenando muitos equipamentos de forma desordenada. E durante a Visita de Campo, foi identificado que alguns colaboradores mantenedores usavam o seu tempo livre para organizar o local e retirar de lá equipamentos que não tinham finalidade para as atividades emergenciais da área. Portanto, no Cronograma de Execução criou-se como Fase 1 abrir programação no software SAP para oficializar o início da organização e do controle.

Houve atualização na Fase 2, Levantamento dos Materiais para criar o inventário. Desta vez, houve mais tempo para encomendar a fabricação das Etiquetas de Levantamento em papel especial adesivo e mais resistente. Além disso, incluiu-se a opção de QRcode que leva para um forms, para ajudar na comunicação de saída dos equipamentos etiquetados, onde o mantenedor

ou engenheiro de manutenção apenas escaneia o QRcode, digita o número do equipamento contido na sua etiqueta (N° EQP:) e a data da saída. Se sair mais de um equipamento do Centro de Competência, basta separar os seus números por uma vírgula “;” e enviar.

A Figura 44 mostra o fluxo da fase de levantamento e de produção da planilha de Inventário. Conforme descrito nas seções anteriores sobre o levantamento: a etiqueta é anexada ao equipamento com a numeração “N° EQP:”; na precisão do equipamento, o mantenedor identifica a etiqueta e guarda a sua numeração; após, escaneia o QRcode e segue o passo a passo para inserir a numeração do equipamento no fluxo de saída; e por fim, sai com o equipamento para instalação. Para mais informações sobre o QRcode, ver Apêndice E.

Figura 44 – Fluxo do Levantamento de Inventário do Centro de Competência da 56A.



Fonte: Autora (2025).

Conforme o levantamento vai sendo realizado, a planilha de Inventário vai sendo atualizada. Foi ministrada uma conversa durante o DDS com a equipe de AT, para divulgar o que está sendo realizado no Centro de Competência a 56A, e solicitar a colaboração de todos para manter a regra do fluxo apresentado.

Para melhor visibilidade do QRcode pelos mantenedores, eles foram anexados em cada prateleira de cada estante por onde já foram coladas as etiquetas de levantamento nos materiais. Abaixo seguem as Figuras 45 e 46, que mostram a etiqueta de levantamento anexada ao transformador de corrente de 500/1000 para 5/5 amperes e a localização do QRcode nas prateleiras das estantes, respectivamente.

Figura 45 – Transformador de corrente com etiqueta de levantamento de inventário.



Fonte: Autora (2025).

Figura 46 – Localização do QRcode nas prateleiras do Centro de Competência da 56A.



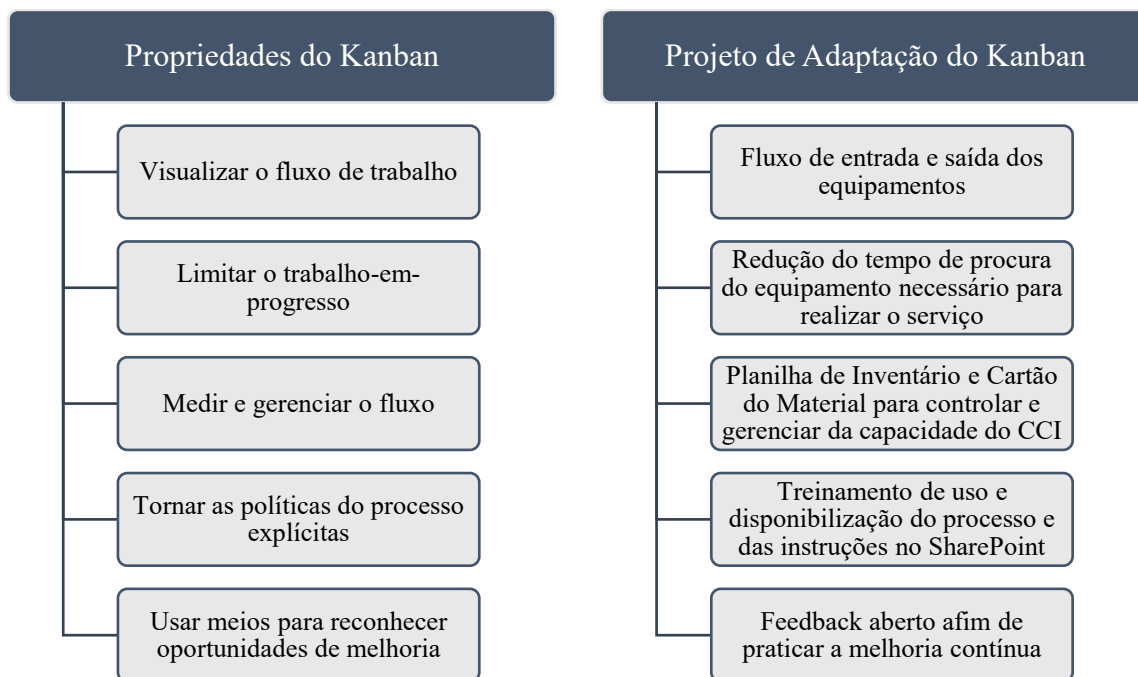
Fonte: Autora (2025).

4.10 Conclusão do Capítulo

Para desenvolver o controle do fluxo de entrada e saída do material, usou-se o kanban desenvolvido por Taiichi Ohno (1997) para operar o Sistema Toyota de Produção, usando o Cartão do Material como sendo o kanban que vai percorrendo por todas as etapas do fluxo de entrada e saída do material. Além disso, aplicou-se o Kanban de David Anderson (2011), e suas propriedades para desenvolver o Cronograma de Execução.

Figura 47 mostra um comparativo deste projeto de adaptação com as propriedades Da metodologia Kanban definidas por Anderson (2011). Isso demonstra a adequação do projeto para que ele possa ser replicado para todas as áreas da refinaria que carece de controle do fluxo de insumos de uso emergencial.

Figura 47 – Comparação entre as propriedades do Kanban de David Anderson com o Projeto de Adaptação do Kanban para o Centro de Competência de Inversores (CCI).



Fonte: Autora (2025).

O projeto foi desenvolvido no Centro de Competência de Inversores, no entanto, toda a estrutura organizacional e referenciada da produção deste projeto de adaptação do Kanban pode facilmente ser replicado para os demais centros de competências da Gerência de Manutenção

da Energia Elétrica da Hydro Alunorte, bem como para outras gerências da refinaria, na qual haja a necessidade de controle e disponibilidade de equipamentos de uso emergencial.

Uma dificuldade encontrada durante a execução deste projeto foi durante a fase de Levantamento de Inventário. As etiquetas de levantamento eram inseridas nos equipamentos com a numeração que serviria para identificar a foto no aplicativo Telegram e, posteriormente o próprio equipamento na Planilha de Inventário. Mas, antes de anexar o kanban para o funcionamento efetivo do fluxo, os materiais saíam e não era registrado devido o mantenedor não saber a quem ou o que reportar. Mais tarde, ficou acertado em um treinamento oferecido no DDS (Diálogo Diário de Segurança) que todo equipamento com etiqueta de levantamento deveria ser ou registrado fotografia e encaminhado ao supervisor da BT ou encaminhada apenas o número do equipamento contido na etiqueta.

O projeto está sendo replicado no Centro de Competência da equipe de manutenção elétrica de alta tensão (AT) da Gerência de Manutenção da Energia Elétrica da Hydro Alunorte. E já houve melhoria em uma das fases de execução: a fase de Levantamento de Inventário, onde há a disponibilização de QRCode aberto, mas temporário para o mantenedor registrar o número do equipamento que está sendo retirado do local contido na Etiqueta de Levantamento.

O QRcode nessa fase surgiu apenas como mais um meio de comunicar a saída do material enquanto o levantamento está em execução. Ele não pode permanecer como principal fonte de atualização do Inventário pois isso exigiria o uso do aparelho celular pessoal da maioria dos mantenedores (pois eles não possuem aparelho corporativo), além disso, a agilidade em destacar o Cartão do Material e inserir em um painel ainda é maior do que aguardar o processo carregamento do forms através do QRcode.

Taiichi Ohno (1997) tem como principal objetivo com o STP zerar o estoque, e para um centro de competência com estoque de equipamentos de uso emergencial, o kanban vem como um meio de fixar uma quantidade limite dos equipamentos que podem ser armazenados no local, e assim que um kanban chega na etapa de dar baixa de saída na Planilha de Inventário, conseqüentemente uma vaga fica disponível para outro insumo emergencial.

Finalmente, o projeto inteiro encontra-se em adaptação e melhoria contínua, pautado objetivando melhor atender não somente um setor da planta, mas todos os setores e áreas que contém um centro de competência, podendo ser adaptado a rotina da equipe.

5 RESULTADOS DO PROJETO DE ADAPTAÇÃO DO KANBAN

O projeto de adaptação do Kanban para o Centro de Competência de Inversores nasceu com a finalidade de organizar e controlar o fluxo de material do centro de competência da equipe de manutenção de baixa tensão. E, manter o local sempre organizado, com cada equipamento em seu lugar apropriado, fixar a quantidade de equipamentos e principalmente deixar no CCI apenas o que é para estar. Pois somente assim torna-se possível manter o controle e aplicar a técnica JIT, para que os mantenedores obtenham o que precisam quando precisam.

O antes do início do projeto, não havia no CCI o layout mostrando a alocação das suas estantes, não havia inventário, todos os materiais que chegavam na área eram guardados ali, todos os materiais avariados que vinham das subestações também eram armazenados no local. Não somente isso, mas o CCI estava sendo usado muitas vezes como depósito: cadeiras, escadas, banquetas, equipamentos aguardando programação para instalação. Além disso, todas as vezes que saía equipamento do local, a sua caixa era deixada lá ao invés de ser descartada no lixo de recicláveis.

Durante a Visita de Campo, foi identificada a tentativa de organizar o CCI, e de inventariar os equipamentos existentes. Sempre que possível, os mantenedores se organizavam para limpar e ordenar o Centro de Competência de Inversores, descartando as caixas vazias e os equipamentos avariados. Porém, conforme a necessidade de usar o material, a agilidade de solucionar a troca de componente de um inversor de frequência para pô-lo o quanto antes em operação, acabava por desordenar o CCI.

Devido a localização do Centro de Competência de Inversores ser próxima a oficina elétrica, que é a base principal de todos os colaboradores das equipes de BT e AT, torna-se mais cômodo armazenar qualquer tipo de material ali. E isso causa acúmulo de material desnecessário, equipamentos queimados, caixas vazias levando a obstrução completa dos acessos aos insumos de uso emergencial dos inversores. Resultando na demora para localizar e acessar o equipamento.

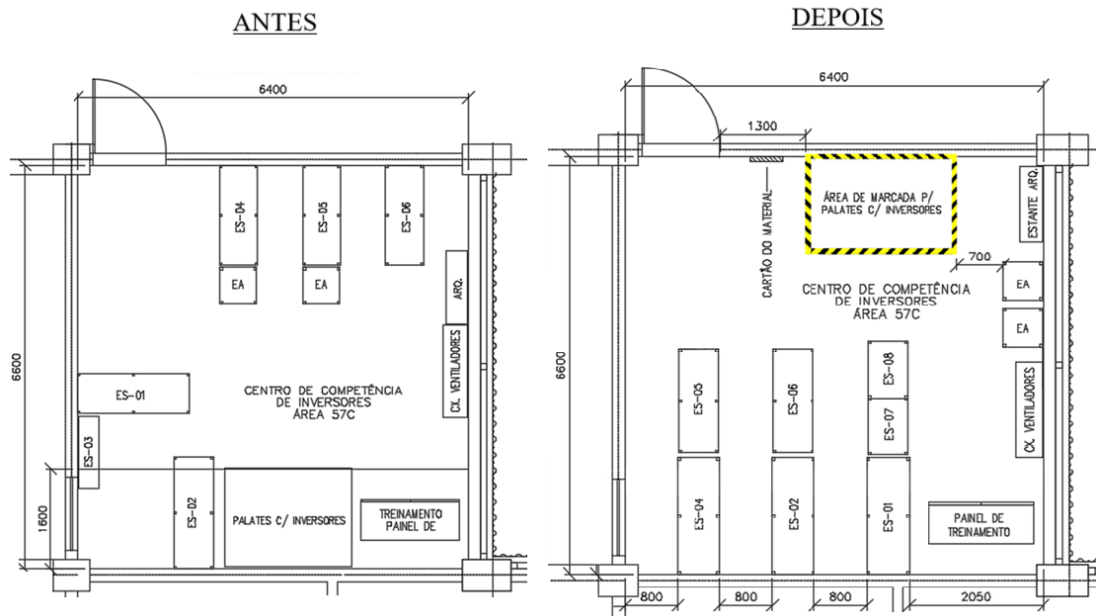
5.1 Resultados Alcançados

Durante a implantação do projeto a equipe de mantenedores e engenheiros podiam contar com a planilha de Inventário, para verificar a existência ou não de determinado material

para usar na área. Pois assim que a planilha de Inventário ficou pronta, ela foi disponibilizada na plataforma colaborativa da Norsk Hydro, o SharePoint.

O novo layout foi pensado para melhor atender aos equipamentos maiores que devem ser armazenados sobre paletes. As estantes alocadas para os fundos da sala de modo a ser a primeira visão que o mantenedor terá ao adentrá-la, e os paletes ao lado da porta de acesso, para facilitar a saída e a entrada dos materiais maiores, a Figura 48 mostra o layout do CCI, do antes e depois.

Figura 48 – Layout do antes e depois do Centro de Competência de Inversores.



Fonte: Autora (2025).

Muitos equipamentos queimados saíram do CCI, muitas caixas vazias foram enviadas para a reciclagem, os equipamentos que aguardavam programação para serem instalados nas subestações foram priorizados e instalados nas subestações. Após a organização do novo layout e da destinação dos materiais inadequados, o visual do Centro de Competência de Inversores ficou como mostra a Figura 49.

Figura 49 – Antes e depois da realocação das estantes do Centro de Competência de Inversores.

ANTES



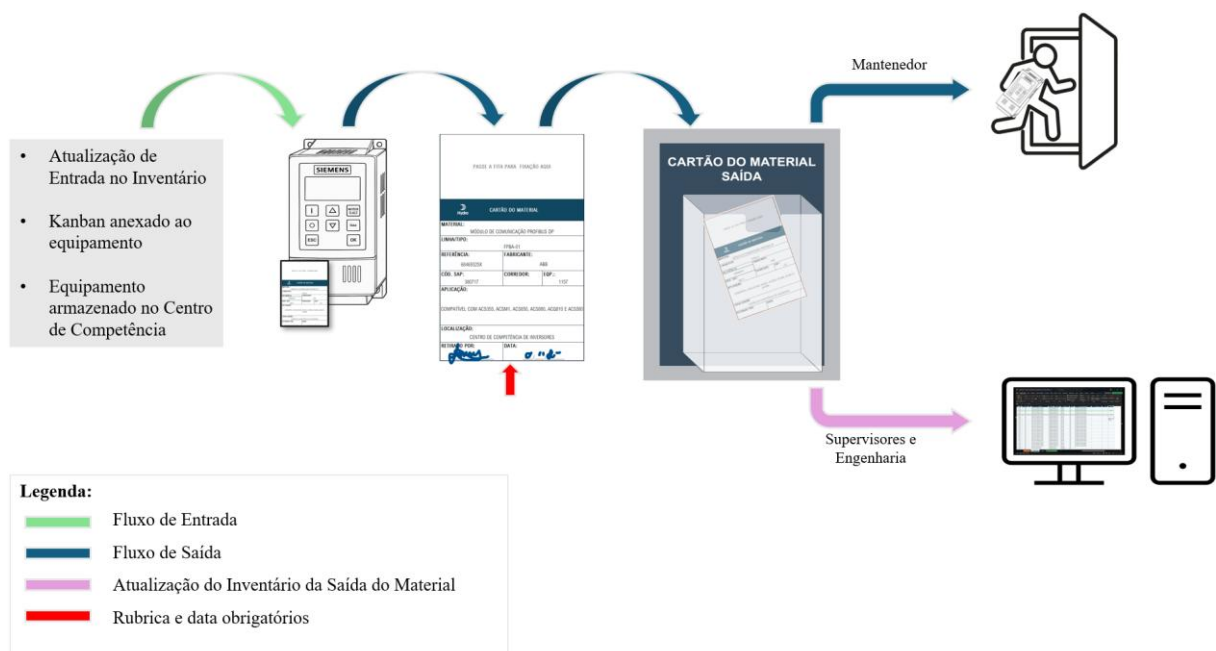
DEPOIS



Fonte: Autora (2025).

Um fluxo para a saída e a entrada dos equipamentos foi criado baseado na ideia do cartão kanban anexado ao material, e o projeto que estava sendo executado no CCI foi apresentado a todos da equipe de BT durante o DDS. Fazer com que todos tomem conhecimento do projeto, onde localizar o Inventário e tornar o fluxo de saída do material conhecido e principalmente a função do mantenedor nele. O fluxo geral do material desenvolvido neste projeto pode ser visto abaixo.

Figura 50 – Fluxo geral da entrada e saída do material



Fonte: Autora (2025).

Entretanto, a cultura de usar o CCI como o local mais fácil para armazenar os equipamentos vindos da área e usar como depósito para outros materiais ainda é o maior desafio a ser trabalhado e vencido. Pois com a persistência desse costume, todo o projeto falha. Os treinamentos e as conversas em DDS para manter a organização e obedecer ao fluxo é primordial para que todos entendam a necessidade de poder acessar e usar um equipamento e disponibilizá-lo com rapidez, sem retrabalho ou perdas de produção por equipamento parado.

A replicação do projeto é possível e já está acontecendo no Centro de Competência da 56A da equipe de manutenção de AT. Além disso, nessa replicação pôde ser aplicado a melhoria na fase de Levantamento de Inventário, com o uso do QRcode, a etiqueta de levantamento adesiva e impressa em papel fotográfico e o uso do software SAP para programar as organizações e desobstrução do ambiente.

5.2 Resultados Esperados

Espera-se com o desenvolvimento deste projeto, a organização e o controle efetivo do fluxo de entrada e saída dos materiais dos Centros de Competências da Gerência de Energia da Hydro Alunorte, tornar padrão e cultural o Fluxo de Entrada e Saída dos materiais para obter maior confiabilidade durante a aquisição de equipamento para manutenção na área. Esses resultados possuem total capacidade de serem alcançados quando há o apoio direto da gerência e de todos da equipe de manutenção e engenharia de apoio.

Essa condição para alcançar o sucesso do projeto é referenciada principalmente na obra de Taiichi Ohno, “Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala”, de 1997, na qual o autor descreve que o sistema kanban só pôde ser implantado com sucesso na Toyota Motors quando ele assumiu a gerência total dos processos de produção da fábrica.

Em resumo, o sucesso esperado com o projeto é mudar a cultura do uso indevido dos Centros de Competências, tornar o fluxo de entrada e saída do material regra absoluta para manter a ordem e o controle efetivo, e sempre quando identificado aplicar melhorias no processo visando melhor atender as necessidades dos mantenedores da Gerência de Energia da Hydro Alunorte.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto foi desenvolvido para solucionar a problemática da falta de controle e da inexistência de inventário do Centro de Competência de Inversores, cravando como objetivos específico os pontos abaixo:

- Desenvolver o controle e o fluxo de entrada e saída de materiais baseado na metodologia Kanban;
- Facilitar o acesso físico e eletrônico aos equipamentos de uso emergencial durante uma emergência;
- Replicar a adaptação do projeto;
- Trabalhar melhorias durante e após a replicação do projeto.

O Fluxo de entrada e saída de materiais baseado na metodologia Kanban foi desenvolvido.

O acesso eletrônico aos equipamentos contidos no CCI foi atingido com a criação da Planilha de Inventário. Porém, a facilidade do acesso físico aos equipamentos no CCI, ainda não pode ser alcançado, devido a cultura em usar o local como depósito uma “ponta solta” identificada no processo de entrada de equipamentos dentro do CCI. Esta “ponta solta” pode ser trabalhada para ser completamente sanada.

A replicabilidade do projeto foi atingida, além disso, a melhoria contínua do processo de adaptação também recebeu melhoria em uma de suas fases durante a replicação.

Portanto, os quatro pontos dos objetivos específicos foram alcançados, e atualmente, a maior refinaria de alumina, Hydro Alunorte, pode contar com um projeto que pode ser replicado para qualquer área que exija controle de estoque de sobressalentes de uso emergencial. Mais que replicar este projeto, ele foi desenvolvido para ser adaptado e melhorado continuamente, de modo a atender a realidade e a rotina de trabalho de qualquer equipe.

Executar esse projeto na maior refinaria de alumina do mundo fora da China, é um grande desafio. São 30 anos de operação, 30 anos de mudança cultural interna. A Alunorte já evoluiu muito na questão organizacional e cultural, mas sempre há como melhorar mais. Pois a melhoria contínua está fortemente presente na refinaria.

O projeto ainda se encontra em implantação, apesar de já ter sido replicado. No entanto, todas as políticas que envolve a replicabilidade do projeto já foram disponibilizadas à todos na empresa, de modo a poder ser executado e melhorado por qualquer profissional que aceitar o desafio de controlar todo o estoque de sobressalentes emergenciais desta gigante da alumina.

E, para finalizar, segue a citação comumente atribuída Nikola Tesla, o engenheiro e inventor mais excêntrico e o mais incrível da eletricidade, que define o sentimento que permaneceu deste trabalho de conclusão de curso: “O homem científico não almeja resultados imediatos. Ele não espera que suas ideias mais avançadas sejam rapidamente retomadas. Seu trabalho é como o de um agricultor para o futuro”.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Aline Matias. **Análise da Confiabilidade de Sistemas Elétricos em Ambientes Industriais** – Estudo de caso. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025.

ALUNORTE, Norsk Hydro. **Plano de Atendimento a Emergência – PAE – Refinaria**. Re In: HYDRO ALUNORTE. Barcarena, PA, 2025. Disponível em: <https://www.hydro.com/br/global/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

ANDERSON, David J. **Kanban: Mudança Evolucionária de Sucesso para seu Negócio de Tecnologia**. Washington: Blue Hole Press, 2011. ISBN 978-0-9845214-6-3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

FANOCCHIO, Marco Antônio Ferreira (org.). **Manutenção Elétrica**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Engenharia Elétrica Enfase: Eletrotécnica. rev. 5ª. (Material de apoio didático). Inclui Bibliografia.

FERREIRA, Hugo Silva. Sistema Toyota de Produção. **Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, São Paulo, v. 7, n. 9, out. 2021. INSS 2675-9128.

GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: mais do que um simples Just-in-Time. São José dos Campos: ABEP, fasc. dez 1995.

NONATO, Isabela Pedrosa do Carmo. **Aplicação do Sistema Kanban na ótica do usuário na Área de Serviços de Manutenção Elétrica em uma Empresa Mineradora**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2021

OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. 1ºed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional. **Manutenção Elétrica Predial e Industrial**. Brasília: Senai/DN, 2018. (Série Energia – Geração, Transmissão e Distribuição). ISBN 978-855050296-0.

SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional. **Manutenção Elétrica Industrial**. Brasília: Senai/DN, 2025. (Energia – Geração, Transmissão e Distribuição). ISBN 978-85-505-0494-0. (E-book).

SILVA, Jessica Belém da; ANASTÁCIO, Francisca Alexandra de Macedo. Método Kanban como Ferramenta de Controle de Gestão. **Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 13, n. 43, p. 1018-1012, dez. 2018. ISSN 1981-1179.

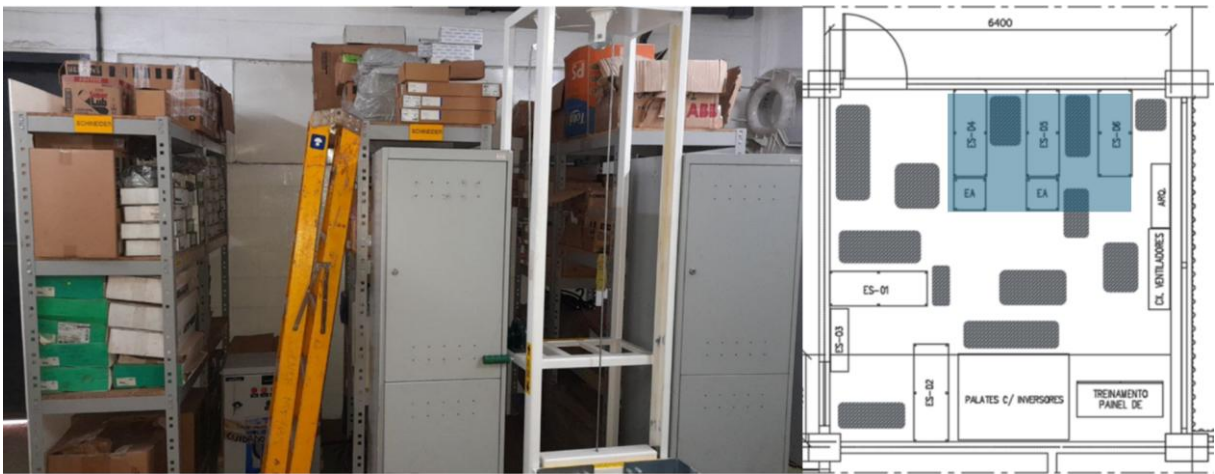
SOEIRO, Marcus Vinícius de Abreu; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vicente Ricco. **Gestão da Manutenção**. Londrina, PR: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017. ISBN 978-85-8482-833-3.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, 2002. ISBN 85-7303-370-3.

APÊNDICE A – LOCALIZAÇÃO NO LAYOUT DAS ÁREAS OBSTRUÍDAS E DESOBSTRUÍDAS

Abaixo seguem as figuras comparativas entre o real e o layout (novo e antigo) de algumas áreas do Centro de Competência de Inversores, mostrando áreas obstruídas e desobstruídas, respectivamente.

Figura 51 – Área obstruída: vista das prateleiras x layout antigo.



Fonte: Adaptado pela autora (2025).

Figura 52 - Área obstruída: comparação vista da entrada x layout antigo.



Fonte: Adaptado pela autora (2025).

Figura 53 - Área desobstruída: vista das prateleiras ao entrar x layout novo.



Fonte: Adaptado pela autora (2025).

Figura 54 - Área desobstruída: vista da antiga área de paletes x layout novo.



Fonte: Adaptado pela autora (2025).

APÊNDICE B – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DETALHADO DO CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES

O Cronograma de Execução completo do Centro de Competência de Inversores segue na figura abaixo, com suas respectivas datas de início e fim. Em alguns itens, na data de “FIM” há o termo “Atualização”. Este termo significa que aquele item se encontra em atualização conforme as melhorias vem surgindo no projeto.

No item 3, o Inventário vem sendo sempre atualizado conforme os equipamentos entram e saem do CCI. No item 4, sempre haverá destinação adequada dos materiais avariados, pois os equipamentos elétricos e eletrônicos sempre exigirão manutenção e algumas vezes exigirão substituição completa. No item 7, sempre haverá treinamento do pessoal, sempre pontuando a realização de tarefas simples para manter a ordem do fluxo e o próprio controle dele, bem como a manutenção da organização utilizando-se de práticas como o 5S e o Básico Bem-Feito (BBF).

Figura 55 - Cronograma de Execução completo do Centro de Competência de Inversores.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO			
PROJETO: KANBAN DO CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES			
FASE	ATIVIDADE	INÍCIO	FIM
1	Desenvolvimento do Fluxo de Entrada e Saída do Material	21/10/2024	Atualização
1.1	Criação da Etiqueta de Levantamento de Inventário - Etiqueta Provisória	30/11/2024	06/12/2024
1.2	Criação do Cartão do Material - kanban do material	18/11/2024	14/03/2025
1.3	Criação do Painel do Fluxo de Saída do Material	21/11/2024	03/01/2025
1.4	Criação das placas e plaquetas de identificação de prateleiras, armários e entrada do CCI	21/04/2025	02/06/2025
2	Levantamento dos Equipamentos para Criação do Inventário	25/11/2024	20/02/2025
2.1	Inserir a etiqueta de levantamento nos materiais e fotografar a sua etiqueta de referência do fabricante	25/11/2024	20/02/2025
3	Criação do Inventário - Planilha Oficial	10/02/2025	Atualização
3.1	Preencher o Cartão do Material	10/04/2025	14/04/2025
3.2	Imprimir o Cartão do Material preenchido	21/04/2025	09/07/2025
4	Destinação Adequada dos Materiais Dispensáveis	13/02/2025	Atualização
4.1	Identificar equipamento com OM programada e inserir na priorização	06/03/2025	07/03/2025
5	Novo Layout do Centro de Competência de Inversores	15/03/2025	17/03/2025
5.1	Organização do novo layout conforme projeto	15/03/2025	17/03/2025
5.2	Instalar as placas e plaquetas	10/07/2025	10/07/2025
5.3	Anexar o Cartão do Material nos equipamentos	22/04/2025	Atualização
6	Desenvolver documento de instruções de funcionamento do projeto implementado	07/04/2024	10/04/2025
7	Treinamento do pessoal que utilizará o Centro de Competência de Inversores	11/04/2025	Atualização

Fonte: Autora (2025).

**APÊNDICE C – LISTA DE TÍTULOS CONTIDOS NA PLANILHA DE INVENTÁRIO
COM INFORMAÇÃO DE QUAIS COLUNAS SÃO IMPORTANTES PARA O
PREENCHIMENTO DO CARTÃO DO MATERIAL (KANBAN).**

Tabela 8 – Tabela descritiva da Planilha de Inventário.

Coluna do Excel	Título	Informações Gerais
A	Nº EQP	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
B	ESTANTE	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
C	CÓD. SAP	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
D	QTD	Necessário em todos os itens
E	MATERIAL	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
F	FABRICANTE	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
G	LINHA / TIPO	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
H	REFERÊNCIA	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
I	Nº SÉRIE	Necessário em todos os itens
J	POTÊNCIA (kW)	Eletivo em periféricos – obrigatório para drivers
K	HP	Eletivo em periféricos – obrigatório para drivers
L	TENSÃO (V)	Eletivo em periféricos – obrigatório para drivers
M	FREQUÊNCIA (Hz)	Eletivo em periféricos – obrigatório para drivers
N	TIPO DE ALIMENTAÇÃO	Eletivo em periféricos – obrigatório para drivers
O	CORRENTE (A)	Eletivo em periféricos – obrigatório para drivers
P	RPM	Usado quando necessário
Q	APLICAÇÃO / INFORMAÇÃO	Necessário em todos os itens – uso no Cartão do Material
R	DESTINAÇÃO	Necessário em todos os itens – preenchido com o kanban
S	DATA	Necessário em todos os itens – preenchido com o kanban
T	STATUS	Necessário em todos os itens – preenchido com o kanban

Fonte: Autora (2025).

APÊNDICE D – PLANILHA “INSTRUÇÕES” EXISTENTE NA PLANILHA DE INVENTÁRIO DISPONIBILIZADA NA PLATAFORMA COLABORATIVA SHAREPOINT

Tabela 9 – Instruções de uso disponibilizada na Planilha de Inventário do CCI.

INSTRUÇÕES DE USO DO INVENTÁRIO	
LOCAL: CENTRO DE COMPETÊNCIA DE INVERSORES	
<p>Objetivo: Instruir sobre a forma de uso desta Planilha de Inventário, o preenchimento para a Entrada e a Saída dos materiais do Centro de Competência de Inversores (CCI), localizado na área 57C, no térreo do prédio dos Turbos Geradores (TG). E por fim, divulgar o Fluxo do Material e as responsabilidades e boas práticas do mantenedor, supervisor e engenharia de apoio.</p>	
ITEM	INSTRUÇÃO
1.0	DA LOCALIZAÇÃO E CONHECIMENTO DA PLANILHA DE INVENTÁRIO DO CCI
1.1	Este documento contém as seguintes abas: " INSTRUÇÕES ", " P1_INVENTÁRIO ", " P2_CARTÃO-MATERIAL "
1.1.1	Aba " INSTRUÇÕES " - Contém as instruções de uso do inventário.
1.1.2	Aba " P1_INVENTÁRIO " - Contém o inventário de todos os itens existentes no CCI, bem como suas informações específicas.
1.1.3	Aba " P2_CARTÃO-MATERIAL " - Contém o modelo do Cartão do Material .
1.2	Todo e qualquer equipamento contido no CCI deve possuir o seu respectivo Cartão do Material .
1.3	Todas as regras de uso contidas nesta planilha devem ser seguidas a risca afim de manter a ordem do fluxo e a organização de modo a não impactar negativamente nas atividades de manutenção da energia da Hydro Alunorte.
2.0	DO PREENCHIMENTO DA PLANILHA - SAÍDA DE MATERIAL
2.1	<u>Caso 1:</u> <i>In loco</i> cada equipamento possui um <i>cartão de informações do material</i> denominado de CARTÃO DO MATERIAL . <u>Ver Figura 01.</u>
2.1.1	No CARTÃO DO MATERIAL , verificar o número do equipamento, conforme indica na imagem da Figura 01.

(conclusão)

ITEM	INSTRUÇÃO
2.1.2	Ir na aba " P1_INVENTÁRIO ", inserir o filtro na Coluna B (" Nº EQP ") e procurar pelo número do equipamento verificado no <u>item 2.1.1</u> .
2.2	<u>Caso 2: In loco</u> cada equipamento possui uma etiqueta chamada de " Levantamento de Inventário " contendo uma numeração identificada como "FOTO: XXXX". Segue exemplo na <u>Figura 02</u>
2.2.1	Ir na aba " P1_INVENTÁRIO ", inserir o filtro na Coluna B (" Nº EQP ") e procurar pelo número do equipamento verificado no <u>item 2.2.1</u> .
2.3	Após localizar o equipamento na planilha, inserir o filtro na Coluna B (" Nº EQP ") e procurar pelo número contido na etiqueta descrita no item 2.1.
2.4	Equipamento encontrado, ir na Coluna U (" DATA ") >> Inserir Data do dia da entrada ou saída >> Ir na Coluna V (" STATUS ") >> Selecionar " SAÍDA "
3.0	DO PREENCHIMENTO DA PLANILHA - ENTRADA DE MATERIAL
3.1	<u>Caso 1:</u> Material <u>EXISTE</u> na planilha, mas com o status " SAÍDA " >> Basta mudar a DATA (Coluna U) para a data de entrada e mudar o STATUS (Coluna V) para " ENTRADA "
3.2	<u>Caso 2:</u> Material <u>NÃO</u> existe na planilha >> O supervisor da área deve solicitar a engenharia a senha para edição da planilha e realizar o cadastro do novo equipamento conforme <u>item 3.2.1</u> .
3.2.1	Ir para o FIM da planilha de Inventário >> Seguir a ordem numérica para numerar o novo equipamento na Coluna B (Nº EQP) >> Preencher as informações referente ao material em suas respectivas colunas, incluindo a coluna DATA e STATUS, colocando este último como "ENTRADA"
4.0	INFORMAÇÕES GERAIS
4.1	Supervisor de Baixa Tensão: Supervisor mantenedor 1 / e-mail: sup.mantenedor@hydro.com
4.2	Backup do Supervisor: Mantenedor 2 / e-mail: mantenedor2@hydro.com
4.3	Dono do posto 5S: Mantenedor 3 / e-mail: mantenedor3@hydro.com
4.4	Engenharia de suporte: eng01@hydro.com; eng02@hydro.com; eng03@hydro.com; eng04@hydro.com

APÊNDICE E – ESTRUTURA DO FORMS PARA SAÍDA DE EQUIPAMENTO ETIQUETADO DO CENTRO DE COMPETÊNCIA DA 56A.

A Figura 56 ilustra a tela do celular, ao responder o Forms referente ao Fluxo de saída de Equipamento do Centro de Competência da 56ª – Pátio.

Figura 56 – Visualização do forms no aparelho celular.

FLUXO SAÍDA DE EQUIPAMENTO 56A PÁTIO

Quando você enviar este formulário, ele não coletará automaticamente seus detalhes, como nome e endereço de email, a menos que você mesmo o forneça.

* Obrigatória

1. QUANTOS EQUIPAMENTOS ESTÃO SAÍNDOS? *

Insira sua resposta

2. NÚMERO DO EQUIPAMENTO (Nº EQP:)
(Exemplo 1: para 1 equipamento, digitar o valor que consta na etiqueta)
(Exemplo 2: para mais de 1 equipamento, digitar "0123, 0124, etc.") *

Insira sua resposta

3. Data da Saída *

Insira a data (dd/MM/yyyy)

É possível imprimir uma cópia da resposta depois de enviá-la

Enviar

Fonte: Autora (2025).