

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MATHEUS RANGEL DE PINHO MOURÃO

**PROJETO DE CENTRO DE TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO DE  
TÉCNICOS E ELETRICISTAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA E REDES DE FIBRA ÓPTICA DA VALE**

SÃO LUÍS

2019

MATHEUS RANGEL DE PINHO MOURÃO

**PROJETO DE CENTRO DE TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO DE  
TÉCNICOS E ELETRICISTAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA E REDES DE FIBRA ÓPTICA DA VALE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. José Gomes de  
Matos

SÃO LUÍS

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Mourão, Matheus Rangel de Pinho.

Projeto de Centro de Treinamento e Capacitação de técnicos e eletricitistas em redes de distribuição de energia elétrica e redes de fibra óptica da Vale / Matheus Rangel de Pinho Mourão. - 2019.

77 f.

Orientador(a): José Gomes de Matos.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

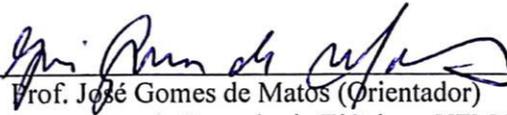
1. Capacitação na indústria. 2. Centro de Treinamento. 3. Energia. 4. Rede de Distribuição. I. Matos, José Gomes de. II. Título.

MATHEUS RANGEL DE PINHO MOURÃO

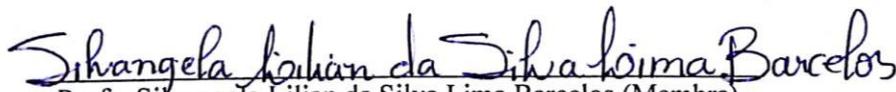
**PROJETO DE CENTRO DE TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO DE  
TÉCNICOS E ELETRICISTAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA E REDES DE FIBRA ÓPTICA DA VALE**

Aprovada em 10/07/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. José Gomes de Matos (Orientador)  
Departamento de Engenharia Elétrica - UFMA



Prof. Silvangela Lilian da Silva Lima Barcelos (Membra)  
Departamento de Engenharia Elétrica - UFMA



Prof. Antônio Dantas Maniçoba (Membro)  
Departamento de Engenharia Elétrica - UFMA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me dado as condições necessárias para desenvolver este trabalho de monografia, não apenas me permitindo ter boas ideias, competência e dedicação ao longo desses meses, mas também pela saúde, pela paz nos momentos difíceis e pelas pessoas maravilhosas que colocou no meu caminho, que também contribuíram para a realização deste trabalho.

Dentre essas pessoas, destaco inicialmente meu pai e minha mãe, que sempre deixaram bem claro a importância do estudo e me deram condições mais do que suficientes para manter o foco no meu desenvolvimento, sem me pressionar com a necessidade imediata de sustento próprio ou viver uma vida independente precoce. Agradeço também pelo amor incondicional, mesmo quando não retribuí da mesma forma, amo vocês.

Em seguida, não poderia deixar de fazer menção aos amigos que tive o privilégio de conhecer durante a graduação, em especial a turma de 2014.1 e alguns outros acolhidos de outros períodos. Apesar de serem poucos os “sobreviventes”, nunca esquecerei da história que construímos e peço a Deus que mesmo com os diferentes rumos que a nossa vida deve tomar, não deixemos de ter essa amizade tão bonita que construímos.

Também preciso honrar os meus amigos do estágio, que forneceram dados, consultoria, sugestões de melhoria e permitiram a minha participação no projeto tema desta monografia, isso também não seria possível sem vocês.

A minha amada namorada e futura esposa, que se disponibilizou em inúmeras datas para fazer correções, ajustes e dar apoio e incentivo quando precisei. Sou um homem muito privilegiado por ter conhecido uma mulher tão fantástica como você, obrigado por me deixar fazer parte da sua vida. Amo você.

Por fim, meu orientador, carinhosamente chamado de “professor Gomes”. Um engenheiro eletricista e professor que certamente inspira muitos estudantes e que é admirado por todos que o conhecem, não só pela competência e conhecimento, mas também devido à preocupação com o ensino e o aperfeiçoamento das pessoas. Agradeço a assistência e o acompanhamento durante o curso e a realização deste trabalho.

## RESUMO

A energia elétrica é um dos elementos mais indispensáveis no processo de desenvolvimento de uma sociedade moderna, quanto mais estruturado for o sistema de energia que abastece as áreas de produção, maior a possibilidade de avanço, progresso e crescimento. No caso de algumas indústrias, como exemplo, a Vale S.A, as concessionárias de energia abastecem alguns pontos específicos solicitados pela empresa e a partir desses pontos de entrega, a indústria se encarrega pelo projeto, implementação e manutenção das redes de distribuição dentro dos seus limites, suprindo suas próprias unidades de consumo. Devido as características das áreas administrativas, e principalmente, das áreas operacionais da Vale, foi implantado um sistema complexo, robusto e em alguns aspectos, bem específico e único, demandando dos profissionais responsáveis por essa rede elétrica, um elevado conhecimento técnico, nem sempre disponível no mercado. Portanto, este trabalho de monografia apresenta o Centro de Treinamento e Capacitação de Técnicos e Eletricistas em Redes de Distribuição de Energia Elétrica e Redes de Fibra Óptica, implantado para capacitar as equipes de manutenção, tornando-as plenamente capazes de realizar qualquer procedimento nas redes elétricas, bem como de fibra óptica, da empresa. Utilizou-se ao longo do projeto uma ferramenta de gestão voltada para o controle e melhoria contínua de processos e produtos, o Ciclo PDCA. Este estudo também aborda as principais características do Sistema de Energia da Vale, os principais componentes de uma rede elétrica e os resultados ao se implementar um centro de capacitação próprio, desenvolvido especificamente para as necessidades da empresa.

Palavras-chave: Capacitação na indústria; Rede de Distribuição; Centro de Treinamento; Energia.

## **ABSTRACT**

Electricity is one of the most indispensable elements in the development process of a modern society. The more structured the energy system that supplies the production areas is, the greater the possibility of progress, improvement and growth. In the case of some industries, as an example, Vale S.A, energy utilities supply specific points requested by the company and from these delivery points, the industry take over the design, implementation and maintenance of distribution networks within their limits, supplying their own consumption units. Due to the characteristics of the administrative areas, and especially of the operational areas of Vale, a complex, robust and certain aspects very specific and unique system was installed, which demands from the professionals responsible for this electrical network a high technical knowledge, not always available in the market. Therefore, this work presents the Center for the Training of Technicians and Electricians in Distribution Networks of Electric Power and Fiber Optic Networks, deployed to train the maintenance teams, making them fully capable of performing any procedure in the electrical networks, as well as fiber optics, of the company. Throughout the project was used a management tool focused on the control and continuous improvement of processes and products, the PDCA Cycle. This study also discusses the main characteristics of Vale's Power System, the main components of a power grid and the results when implementing its own training center, specifically developed for the needs of the company.

**Keywords:** Training in industry; Electric Power Distribution; Training Center; Energy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Itens de redes elétricas .....	14
Figura 2: Estrutura PDCA .....	19
Figura 3: Croqui Centro de Treinamento .....	29
Figura 4: Espaço para implantação do Centro .....	30
Figura 5: Espaço para implantação do Centro .....	30
Figura 6: RD8100 – Localizador de Cabos e Tubulações .....	32
Figura 7: Técnico validando condição do solo .....	32
Figura 8: Técnico validando condição do solo .....	33
Figura 9: Escavadeira/perfuratriz em atividade de escavação do solo .....	35
Figura 10: Elevação de poste com caminhão Munk .....	36
Figura 11: Início de montagem de rede RDR .....	37
Figura 12: Estruturas montadas e escavação do solo .....	37
Figura 13: Área da rede de fibra óptica .....	38
Figura 14: Lançamento dos cabos em rede de simulação .....	39
Figura 15: Equipe instalando Religador Automático .....	40
Figura 16: Caminhão Bomba Lança de concreto .....	42
Figura 17: Colaboradores realizando concretagem .....	42
Figura 18: Centro de Capacitação finalizado .....	46
Figura 19: Croqui final da rede elétrica do Centro de Capacitação .....	48
Figura 20: Croqui final da rede de fibra óptica do Centro de Capacitação .....	48
Figura 21: Visão aérea do Laboratório com divisão por setores .....	50
Figura 22: Rede de Distribuição Isolada - RDI .....	51
Figura 23: Cabo Isolado .....	52
Figura 24: Rede de Distribuição Compacta - RDC .....	53
Figura 25: Cabo fixado em espaçador com anel de amarração .....	54
Figura 26: Redes de Distribuição Rural e Subterrânea .....	55
Figura 27: Setor de Simulação e Procedimentos Reais .....	56
Figura 28: Setor do Religador Automático .....	59
Figura 29: Sequência de abertura de chaves .....	62
Figura 30: Atividade prática referente ao Anexo IV do Procedimento .....	65
Figura 31: Atividade prática referente ao Anexo XI do Procedimento .....	66
Figura 32: Número de falhas em 2018 e 2019 .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Plano de Ação.....	28
Tabela 2: Anexos do Procedimento em Redes de Distribuição.....	60
Tabela 3: Questionário de satisfação .....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMV	Aparelho de Mudança de Via
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
BT	Baixa Tensão
CCO	Centro de Controle Operacional
CELPA	Centrais Elétricas do Pará
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DAC	Dispositivo de Abertura com Carga
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
EFC	Estrada de Ferro Carajás
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
MT	Média Tensão
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
NBR	Norma Técnica
NR	Norma Regulamentadora
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PRO	Procedimento
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
QDCA	Quadro de Distribuição de Corrente Alternada
RDC	Rede de Distribuição Compacta
RDI	Rede de Distribuição Isolada
RDR	Rede de Distribuição Rural
RDS	Rede de Distribuição Subterrânea
RFSP	Ramal Ferroviário Sudeste do Pará
SMART	Specific, Mensurable, Achievable, Realistic e Time - based
TFPM	Terminal Ferroviário Ponta da Madeira
TMAE	Tempo Médio de Atendimento à Emergências
TMD	Tempo Médio de Deslocamento
TME	Tempo Médio de Execução
TMP	Tempo Médio de Preparação

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1. Objetivos.....	11
1.2. Motivação .....	12
1.3. Organização do trabalho .....	12
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	14
2.1. Itens de redes elétricas .....	14
2.2. Ciclo PDCA .....	18
2.3. Manutenção e Indicadores de Desempenho.....	21
<b>3. APLICAÇÃO DO CICLO PDCA</b> .....	27
3.1. Planejar ( <i>Plan</i> ) .....	27
3.2. Fazer ( <i>Do</i> ).....	28
3.3. Checar ( <i>Check</i> ) .....	43
3.4. Agir ( <i>Act</i> ) .....	44
3.5. Processo de melhoria contínua .....	45
<b>4. O CENTRO DE CAPACITAÇÃO</b> .....	46
4.1. Estrutura Interna do Centro de Capacitação .....	47
4.1.1. SETOR DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ..	50
4.1.2. SETOR DE SIMULAÇÃO E PROCEDIMENTOS REAIS.....	56
4.1.3. SETOR DA REDE DE FIBRA ÓPTICA (TELECOMUNICAÇÕES) ...	57
4.1.4. SETOR DO RELIGADOR AUTOMÁTICO.....	58
4.2. Procedimentos e Possíveis Treinamentos .....	59
<b>5. EXPERIMENTOS E RESULTADOS</b> .....	64
5.1. Primeiro treinamento realizado no Centro de Capacitação.....	64
5.2. Resultados obtidos .....	67
<b>6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	72
REFERÊNCIAS .....	74

## 1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um insumo importante para a indústria: quase 80% (oitenta por cento) das empresas industriais a utilizam como principal fonte de energia (CNI, 2016). Dessa forma, energia elétrica de qualidade é condição necessária para competitividade no ramo industrial. Contudo, caso ocorram falhas no fornecimento, na rede de distribuição de energia elétrica interna dessas empresas, na alimentação de máquinas e equipamentos, entre outras, prejuízos são gerados (perda de produtividade na maioria dos casos), sendo assim, esse sistema precisa ser confiável e estar o maior tempo possível disponível.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), é uma autarquia em regime especial vinculada ao ministério de Minas e Energia e foi criada para regular o setor elétrico brasileiro. As principais atribuições da Aneel são: regular a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica; fiscalizar concessões, permissões e serviços; e promover atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal (Aneel, 1997).

O serviço de distribuição de energia elétrica é realizado por concessionárias, permissionárias e autorizadas. Os estados do Maranhão e Pará são, respectivamente, abastecidos pelas concessionárias CEMAR e CELPA, empresas de distribuição autorizadas pela Aneel a exercer atividades nas áreas de concessão acordadas. Essas duas companhias, majoritariamente, são responsáveis por fornecer energia elétrica para os consumidores residenciais e industriais dos dois estados, a exemplo disso, a mineradora Vale.

Por se tratar de um único consumidor, cuja ocupação territorial se estende por diversos quilômetros, a Vale é energizada pelas concessionárias em alguns pontos, porém o projeto, a implantação e a manutenção das redes de distribuição interna são de responsabilidade da própria indústria.

As normas e especificações técnicas das concessionárias serviram como uma boa base para o projeto da rede elétrica da Vale e, a princípio, pensava-se em reproduzir um sistema similar para a empresa. Contudo, as condições apresentadas nas áreas administrativas e, principalmente, operacionais, como alto grau de intempérie (salinidade, umidade e minério), vandalismo, vegetação, entre outros, levaram as equipes

responsáveis pelo projeto da rede elétrica da Vale a desenvolverem soluções pouco ou, em nenhum momento, praticadas pelas companhias energéticas.

Deste modo, agregando-se o conhecimento fornecido pelas concessionárias e o conjunto de soluções implementadas pelos envolvidos no projeto, a construção da rede de distribuição de energia elétrica da Vale foi adequadamente executada. O efeito disso foi um sistema provido de diversas especificidades e elevado grau de exigência técnica, requerendo das equipes de manutenção um sublime entendimento acerca das características singulares da rede elétrica da mineradora.

Este trabalho de monografia apresenta o Centro de Treinamento e Capacitação em Redes de Distribuição de Energia Elétrica e Redes de Fibra Óptica, alternativa escolhida para capacitar os técnicos e eletricitas responsáveis por todas as atividades relacionadas a redes elétricas de distribuição da Vale, face as especificidades delas.

O presente estudo elenca as principais vantagens ao se desenvolver um ambiente de capacitação exclusivo da empresa, descreve os principais elementos e dispositivos presentes no laboratório criado, destaca os treinamentos e procedimentos que serão realizados a partir da estrutura implementada, ressalta a importância da capacitação em indústrias e relata os benefícios apontados pelos próprios funcionários que participaram dos treinamentos no Centro.

### **1.1. Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho de monografia é apresentar a solução encontrada para capacitar adequadamente os funcionários responsáveis pelas atividades em redes de distribuição de energia elétrica e fibra óptica da Vale, a partir da implantação de um Centro de Treinamento e Capacitação da própria empresa.

Com relação aos objetivos específicos, este trabalho propõe:

- a) Mostrar a ferramenta de gestão focada em melhoria contínua utilizada no projeto, o Ciclo PDCA;
- b) Descrever o processo de implementação do ambiente de treinamento, explicar a divisão dos setores do seu espaço interno e suas respectivas funcionalidades, bem como elencar os procedimentos (atividades) que podem ser reproduzidos neste local, visando a capacitação;

- c) Discorrer sobre os ganhos obtidos a partir da implementação do Centro, trazendo o ponto de vista dos funcionários que foram treinados nesse ambiente através de uma pesquisa de satisfação, sugestões e pontos de melhoria.

## **1.2. Motivação**

Treinamento e capacitação de funcionários são práticas adotadas por diversas empresas visando o aumento de desempenho das equipes e potencializar os resultados. Por maior e mais desenvolvida que uma companhia seja, sempre há possibilidade de melhorar seus processos e otimizar tarefas do dia-a-dia, principalmente quando se trata de atividades técnicas, operacionais, ou seja, no “chão de fábrica”. Um estudo como este é uma oportunidade de compartilhar o impacto gerado por uma solução que visa alavancar a Vale em diversos aspectos, como segurança e satisfação dos funcionários.

O curso de Engenharia Elétrica na UFMA tem em uma das suas ênfases os sistemas de energia elétrica, formação que contribui para engenheiros eletricitas que pretendem atuar na implantação e operação desses sistemas, bem como no planejamento de sua expansão e no projeto de equipamentos empregados nos sistemas de alta tensão. Dessa forma, o presente trabalho busca contribuir com essa vertente do curso, trazendo um caso real de uma rede robusta, complexa e diversificada como a da Vale, que foi a base para a definição das estruturas implementadas no centro de treinamento.

Por fim, existe a oportunidade ímpar de relatar, com detalhes, a experiência de um estudante de Engenharia Elétrica em participar de uma grande indústria como a Vale, especificamente em um projeto que está intimamente alinhado a sua área de formação. Relacionar o ambiente empresarial com o acadêmico, evidencia que ambos podem promover o crescimento um do outro, sendo notável que essa relação pode e deve evoluir ainda mais, principalmente com trabalhos como esse, que destacam os diversos benefícios dessa interface.

## **1.3. Organização do trabalho**

Este trabalho de monografia está dividido em seis capítulos, incluindo este de introdução ao tema. No Capítulo 2 é feita a fundamentação teórica, abordando temas que estão relacionados ao projeto do Centro de Capacitação. O Capítulo 3 mostra o uso de uma ferramenta de melhoria contínua para implantação do projeto, o Ciclo PDCA. O

Capítulo 4 detalha o espaço interno do ambiente e as atividades que podem ser desempenhadas no local. O Capítulo 5 apresenta o experimento realizado no Centro e os resultados obtidos, buscando avaliar a iniciativa do Laboratório. Por fim, no Capítulo 6 são feitas as conclusões a respeito do trabalho e as pesquisas futuras que podem suceder o projeto.

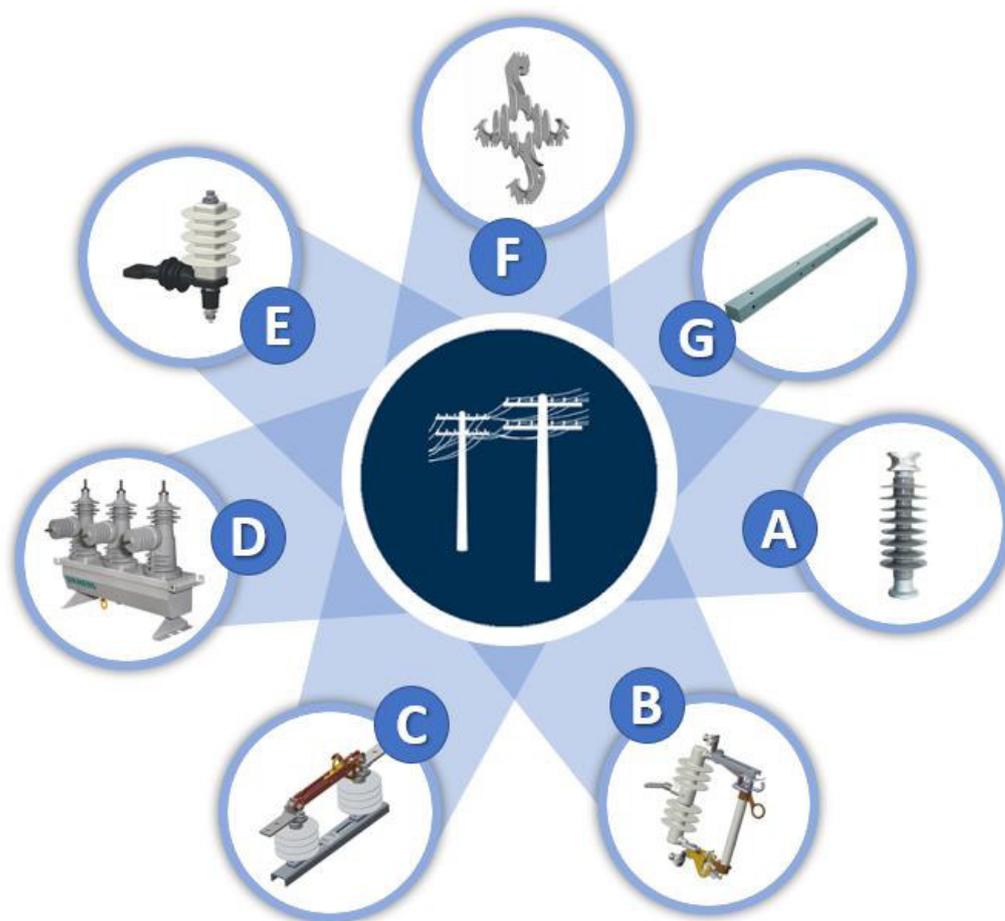
## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Itens de redes elétricas

As redes de distribuição de energia elétrica têm como finalidade fornecer energia aos consumidores finais em determinado nível de tensão, podendo ser, por exemplo, 69 kV, 34,5 kV, e 13,8 kV na distribuição primária, ou 380/220 V, 220/127 V etc., na distribuição secundária. A rede interna da Vale utiliza o nível de tensão mais comum, inclusive majoritariamente utilizada pela CEMAR, 13,8 kV.

Essas redes são formadas por um conjunto complexo de estruturas, componentes e dispositivos, que associados, permitem o cumprimento do objetivo desse sistema. Sendo assim, observa-se na Figura 1, alguns dos componentes que fazem parte das redes de distribuição e que serão mencionados ao longo desta pesquisa.

Figura 1: Itens de redes elétricas



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

As letras A a F na Figura 1 referem-se a componentes e ou dispositivos tipicamente presentes em redes aéreas de distribuição de energia elétrica. A seguir serão dadas as definições e funções de cada um deles.

#### A. Isolador:

Tem como função primordial isolar os cabos elétricos uns dos outros, bem como das demais estruturas do poste, buscando manter, na medida do possível, o isolamento necessário para evitar choques e arcos elétricos. Além disso, são usados para sustentação, quando há menor tração, e ancoragem, nos casos de maior necessidade de resistência a tração, da rede elétrica. Podem ser feitos de porcelana e vidro, porém tem-se optado ultimamente por isoladores poliméricos, já que apresentam maior resistência ao vandalismo e às intempéries, melhor desempenho em ambientes com severos níveis de poluição, menor peso (o que reduz o custo das estruturas), entre outras vantagens.

O modelo do isolador a ser escolhido depende das necessidades do usuário, pois apresenta diversas características mecânicas, como número de saias (que interfere no valor da corrente de fuga superficial), comprimento e peso, e características elétricas, como tensão nominal suportável e tensão disruptiva de impulso.

#### B. Chave fusível:

São elementos utilizados na proteção de redes de distribuição contra sobrecorrentes, ocasionados por curtos-circuitos e sobrecargas, por exemplo, fornecendo uma alternativa de baixo custo e desempenho satisfatório. Fazem parte da sua estrutura o suporte de fixação, o isolador, o gancho para abertura e fechamento da chave, o cartucho ou “canela” e o elo fusível. O suporte sustenta todo o conjunto e permite fixação da chave na cruzeta (letra G). O isolador é responsável por impedir toda passagem de corrente que não seja feita através do elo fusível, além de fornecer sustentação mecânica ao conjunto da chave. O gancho é a parte do conjunto que permite o operador da chave fusível realizar a abertura ou o fechamento da mesma, através de uma ferramenta adequada, por exemplo, a vara de manobra. O cartucho é formado por um tubo de fibra isolante e possui revestimento interno de fenolite, e possui função de comportar o elo fusível, além de contribuir para a extinção do arco elétrico (advindo de sobrecorrente). O elo fusível fica dentro do cartucho, é composto pelo elemento fusível (normalmente uma liga estanho) e o tubo de material isolante (reduz possíveis danos ao cartucho em caso de sobrecorrente), tendo como principal função interromper a corrente do circuito quando a mesma excede o valor estipulado pelo elo em questão, levando também em consideração o tempo do surto dessa corrente.

O conjunto formado pelo elo fusível e o cartucho opera da seguinte forma: caso ocorra sobrecorrente, inicia-se o processo de fusão do elo, que devido à elevação da temperatura, passa a queimar a o revestimento interno do cartucho, produzindo gases que contribuem para a extinção do arco elétrico formado. A elevação da temperatura também provoca um pequeno desgaste no revestimento interno do tubo, e somado a produção dos gases, que elevam a pressão no interior do cartucho, ocorre liberação dos mesmos (gases) para fora do cartucho, fazendo com que o contato superior se desconecte, operando a chave fusível e deixando a mesma aberta. Isso permite a identificação do local onde ocorreu a interrupção do sistema de maneira mais fácil.

Existem três tipos principais de elos-fusíveis: tipo H, são considerados de alto surto, ou seja, ação lenta para correntes elevadas (a corrente de magnetização do transformador, por exemplo), normalmente utilizados em transformadores de pequena potência (75 kVA); tipo K, admite sobrecarga de até 50% do seu valor nominal e apresenta rápida atuação, aplicado na proteção de ramais primários; e o tipo T, que também permite sobrecarga de até 50% e usado em situações similares ao tipo K, porém possui atuação lenta. Por submeter o transformador a sobrecargas mais longas, é menos utilizado no Brasil (MAMEDE, D. R., 2011)

#### C. Chave Faca:

Conhecida como chave seccionadora unipolar, mas desempenha papel importante na segurança das operações em redes elétricas. A chave faca é utilizada no seccionamento de circuitos para realização de manobras ou para isolar equipamentos ou linhas de distribuição, para realização de manutenção com segurança e nível zero de tensão (CEMAR - ET.004.EQTL, 2018). Não deve ser operada com carga sem dispositivos de supressão/extinção de arco, pois durante o seccionamento, pode ocorrer esse fenômeno, o que colocaria em risco os envolvidos na atividade. São previstas em diversas situações: interligação de fontes de alimentação (diferentes grupo geradores, por exemplo), na condição normalmente aberta, ou seja, separa as fontes para que não haja interferência entre elas; locais onde são previstas manobras para transferência de carga; e nas transições de diferentes tipos de rede (isolada, protegida, subterrânea) (VALE, 2015).

#### D. Religador Automático:

É um equipamento para proteção e chaveamento automático de redes de distribuição e subestações. Assim como as chaves fusíveis, no caso das redes de distribuição, é instalado nos postes, sendo capaz de realizar a interrupção do circuito em casos de sobrecorrentes, porém devido eletrônica embarcada neste dispositivo, conta com

a vantagem do religamento automático para realimentação do circuito interrompido, tornando desnecessária a ação humana. O religador possui um contador de operações interno, ou seja, pode ser configurado, por exemplo, para efetuar 2 (dois) religamentos após a abertura do circuito devido alguma falha.

A lógica da operação deste item seria a seguinte: em caso de alguma sobrecorrente ou falta temporária, o religador realiza a interrupção do circuito e após o tempo configurado, se rearma automaticamente para energizar o circuito novamente, reduzindo o tempo que o consumidor fica sem fornecimento de energia (eliminando a necessidade de se encaminhar uma equipe ao local). Mas caso o defeito ou sobrecorrente persista, o religador pode realizar uma segunda interrupção e uma segunda tentativa de religamento, persistindo o problema, o religador se desarma permanentemente. São também muito usados pela sua capacidade de telecomando, possibilitando manobras e transferências de carga de forma automática e em um curto tempo.

Os religadores permitem a melhoria da eficiência operacional e dos indicadores de continuidade, incentivando as concessionárias a investir em automação dos seus equipamentos, elevando o número dos mesmos nos últimos anos. Essa automação acarreta uma melhora na qualidade e na confiabilidade dos serviços das empresas distribuidoras e reduz a necessidade de deslocamentos das equipes de campo, sem comprometer em nenhum aspecto o seu negócio (ELIPSE SOFTWARE, 2015).

#### E. Para-raios:

É um dispositivo de proteção contra sobretensões, que podem ser ocasionadas, por exemplo, a partir de descargas atmosféricas nas linhas de distribuição ou próximas a essas redes. Diferente dos instalados em edificações, os para-raios de redes não tem finalidade de atrair/canalizar os raios. Um dos dispositivos de redes elétricas mais beneficiados pelo uso dos para-raios são os transformadores, inclusive, quando os para-raios são usados com o intuito de proteger esses dispositivos, são instalados bem próximos a eles, no lado de alta tensão.

Os terminais superiores dos para-raios são conectados as fases do circuito e os terminais inferiores são curto-circuitados e conectados a malha de aterramento, oferecendo um caminho para o escoamento da corrente de descarga até o solo (nos casos de sobretensões) através dos cabos que conectam os terminais inferiores dos para-raios à malha de aterramento. Apresenta característica não linear de tensão-corrente por conter baixa resistência nos casos de sobretensão e alta resistência quando submetido a condição

normal. É composto por um resistor não linear a óxido metálico, com invólucro polimérico para maior resistência a vandalismo (CEMAR - ET.002.EQTL, 2018).

#### F. Espaçador Losangular:

É usado em redes de distribuição compacta, sendo uma das características mais marcantes desse tipo de rede. Tem função de sustentação e separação dos cabos protegidos. Além das três fases, está presente na sua parte superior um cabo mensageiro, que é uma cordoalha de aço zincado responsável por fornecer a sustentação mecânica da rede. Possui alta resistência a tração e impacto, intempéries e possibilita a preservação da arborização por reduzir o espaço da rede aérea. Por questões de segurança, tem-se no corpo do espaçador a identificação da marca do fabricante, classe de tensão (15 ou 34,5 kV) e data de fabricação (CEMAR - ET.181.EQTL, 2018).

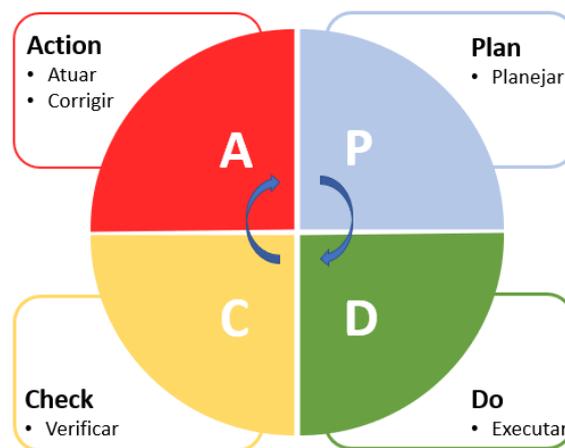
#### G. Cruzetas:

São dispositivos simples, porém indispensáveis para a construção das redes elétricas. As cruzetas sustentam boa parte das estruturas contidas em um poste. Sustentam os isoladores, as chaves de proteção e seccionamento, possibilitam a instalação de ganchos para fornecer sustentação mecânica à rede, permitem o direcionamento dos cabos para os transformadores, bem como para descidas para caixas de passagem (transição para rede subterrânea). Podem ser feitas de diversos materiais: madeira, concreto, polímero, aço etc.

## 2.2. Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA, ilustrado na Figura 2, também chamado de Ciclo de Deming ou Ciclo de Shewhart, originado com o Dr. W. Edwards Deming, é uma ferramenta de gestão que tem como objetivo promover a melhoria contínua dos processos por meio de quatro ações: planejar (plan), fazer (do), checar (check) e agir (act) (MOEN, R., & NORMAN, C., 2006). A intenção é proporcionar um melhor entendimento de como um problema surge e de como ele pode ser solucionado, focando na causa e não nas consequências. A partir da identificação da oportunidade de melhoria, é o momento adequado de agir, promovendo a mudança necessária e, então, atingir os resultados desejados com mais qualidade e eficiência.

Figura 2: Estrutura PDCA



Fonte: Adaptado de CAMARGO, W. (2011)

O planejamento, nesse método, não acontece uma única vez, pelo contrário, é aperfeiçoado à medida que é novamente realizado, aproximando-se cada vez mais do melhor resultado possível. Por isso, no decorrer do projeto pode ser preciso mudar o planejamento ou adequá-lo melhor a realidade. E o Ciclo PDCA auxilia esse controle, que é contínuo, colaborando para que cada processo se desenvolva da melhor maneira possível (TAGUE, N. R., 2005).

Apesar da teoria estabelecer quatro fases bem definidas, o Ciclo PDCA nem sempre se desenvolve de uma forma tão linear. A divisão feita possibilita melhor entendimento do método e de como a melhoria contínua é aplicada, mas vale ressaltar que na prática a sequência pode sofrer adaptações.

#### a) Planejar (*Plan*)

É considerada a etapa mais importante do ciclo, principalmente por estabelecer a base para as ações tomadas no futuro. São definidos os objetivos e as metas, sempre buscando responder perguntas como “qual problema será resolvido?” e “por que é preciso resolver essa questão?”.

Nesse momento também são determinados os indicadores de desempenho que mostrarão se o objetivo final foi alcançado. De forma qualitativa e/ou quantitativa, os indicadores são uma ferramenta muito clara para avaliar o andamento e os resultados do projeto.

E por fim, faz parte do planejamento, elaborar o plano de ação, que seria a metodologia adequada para alcançar os objetivos. Se baseia em delegar responsabilidades aos envolvidos e definição de ações “chaves” (BLOKDYK, G., 2018).

b) Fazer (*Do*)

Nessa fase, a importância de um planejamento bem feito é evidenciada, pois as decisões tomadas obedecem ao plano de ação construído na etapa anterior. Dependendo do tipo de projeto, pode ou não ser necessário o treinamento dos envolvidos, para que eles estejam comprometidos e alinhados com os gestores.

No caso de um processo novo, implantação de uma nova ferramenta na rotina de trabalho ou algo nesse sentido, normalmente esse alinhamento é recomendado. Contudo, no caso de uma empresa ou grupo de trabalho que habitualmente implementam soluções ou melhorias, o envolvimento é muito natural e já faz parte da cultura da equipe.

c) Checar/Controlar (Check)

Fase de verificação dos resultados. Geralmente esse passo acontece quase que em paralelo com a implementação do plano de ação, possibilitando que a avaliação do planejamento e dos resultados ocorra logo em seguida ao cumprimento das ações. Nessa fase também são detectados os possíveis desvios em relação ao plano (TORRES, M. D. F., 2004).

Segundo Marcelo Douglas de Figueiredo Torres (TORRES, M. D. F., 2004), conceitos que normalmente são utilizados para fazer essa checagem são:

- Eficiência: fazer bem e com bom desempenho. Pilares: método, meio e tempo;
- Eficácia: fazer de forma correta. Pilares: processos adequados, resultados, produtos e serviços;
- Efetividade: “soma” dos dois anteriores. Pilares: processos práticos, regulares, duráveis e frequentes.

d) Agir (Act)

A execução desse último passo está muito relacionada aos resultados do passo anterior. Com o cumprimento adequado do que foi determinado, o plano de ação estabelecido no planejamento é adotado como padrão (PROJECT BUILDER, 2017).

Em casos de não conformidade, devem ser aplicadas as correções, que muito possivelmente já foram avaliadas durante a verificação (etapa anterior). Dessa forma, um novo plano de ação pode ser desenvolvido, trazendo novas melhorias e aprimoramentos nos pontos “problemáticos” do plano anterior.

Por fim, o Ciclo PDCA tem sua efetividade potencializada se aplicado continuamente, principalmente para cumprir seu objetivo de melhoria contínua. O princípio de repetição do ciclo se justifica pela boa margem de redução de custos e aumento na produtividade que os processos, serviços e produtos possuem.

Por se mostrar um método amplamente aplicável, apresentando orientação adequada para a implantação de um projeto, e garantindo flexibilidade para as especificações da situação em que for aplicado, optou-se por adotar o Ciclo PDCA no projeto do Centro de Treinamento e Capacitação de Técnicos e Eletricistas em Redes de Distribuição de Energia Elétrica e Redes de Fibra Óptica da Vale

### **2.3. Manutenção e Indicadores de Desempenho**

Segundo a ABNT NBR 5462 (1994), conceitua-se manutenção como a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Apesar desse conceito ser antigo, as técnicas para aplicá-lo vem se aprimorando muito nos últimos anos, principalmente nas indústrias.

A Manutenção Eletroeletrônica é uma gerência da Vale, que possui um conceito de manutenção similar ao apresentado pela NBR 5462 e por outras normas internacionais. Essa Gerência, tem como responsabilidade garantir o funcionamento adequado de diversos ativos dispostos ao longo da EFC, do TFPM e do RFSP. Entende-se por ativo todo bem tangível que a empresa possui para gerar valor agregado em suas atividades (FREZATTI, F., 1998).

Dessa forma, a Eletroeletrônica atua na manutenção de equipamentos presentes em diversas atividades na Vale e permite, por exemplo, que os seguintes processos sejam realizados: deslocamento de uma locomotiva entre diferentes linhas férreas (principalmente através de AMV's); a comunicação adequada da ferrovia (e seus

equipamentos) com o Centro de Controle Operacional – CCO (associando dentre vários, o dispositivo Elix e a fibra óptica); a distribuição de energia elétrica a partir de rede própria; o contínuo fornecimento de energia após problema de fornecimento por parte da concessionária (geradores e banco de baterias); entre muitos outros processos.

Durante a realização das suas atividades, a Gerência de Manutenção Eletroeletrônica atua com três diferentes formas de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção corretiva se dá, como o próprio nome diz, a partir da correção de uma falha ou da identificação na redução do desempenho de um equipamento. Não deve ocorrer com frequência porque implica em altos custos, gerados pela perda na produção e até por danos nos ativos, quando não é feita de forma planejada. Em alguns casos, é feito um planejamento e permite-se que o equipamento funcione até falhar, contudo, a equipe de manutenção já está preparada para repará-lo e rapidamente colocá-lo em funcionamento novamente.

A preventiva é realizada de forma programada, pré-agendada com base no ativo em questão e suas características. Estipulada a partir de informações fornecidas pelos fabricantes e estudos relacionados ao produto e o ambiente em que será inserido, esse tipo de manutenção propõe intervenções periódicas e constantes, e não sofre alteração facilmente. Na maioria dos casos, quando o estudo do equipamento não é muito detalhado, adota-se uma postura conservadora que implica em atividades antecipadas, além de paradas e trocas desnecessárias (o que não costuma ocorrer na Vale).

E por fim, a manutenção preditiva compreende o acompanhamento da atuação de um ativo a partir de variáveis ou parâmetros relacionados ao seu desempenho, com o objetivo de tomada de decisão a partir da análise desses dados. Ainda é muito recente e não faz parte da estratégia de manutenção de todos os ativos da Gerência Eletroeletrônica, contudo, tem se desenvolvido nos últimos anos e apresentado avanços consideráveis. Apesar de ainda inicial, certas ações têm sido tomadas com base nesses estudos preditivos, e aos poucos, tem começado a fazer parte do dia a dia da Gerência.

A eficiência da manutenção pode ser avaliada a partir de critérios que buscam mensurar e otimizar o funcionamento dos processos. Esses critérios são chamados de indicadores de manutenção. Existem alguns métodos para definir a quais indicadores são mais adequados para determinado processo e um deles se baseia na análise dos objetivos, o método SMART (FRANCISCHINI, A. S., & FRANCISCHINI, P. G., 2018).

Em resumo, o método é aplicado para desenvolvimento de um indicador que siga uma lógica clara e objetiva, apresente a possibilidade de ser expressado em números

(quantificado), determine metas alcançáveis e possíveis, seja relevante no processo, e que tenha tempo definido para atingir as metas. A partir dessa metodologia, todos os setores de uma empresa podem criar indicadores ou utilizar os que já foram desenvolvidos e aplicados em outras áreas ou até mesmo outras companhias.

De forma mais específica, no caso das empresas de distribuição de energia elétrica, a Aneel é responsável por definir os critérios que avaliam a qualidade dos serviços e produto oferecidos por essas companhias. A partir da Resolução Normativa nº 345/2008, foi aprovada a primeira versão do PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Este documento hoje se encontra na décima revisão, aprovada em 2018.

No Módulo 1 – Introdução, do PRODIST, são apresentados os objetivos desses procedimentos, dentre eles se destacam: garantir que os sistemas de distribuição operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade; e disciplinar os procedimentos técnicos para as atividades relacionadas ao planejamento da expansão, à operação dos sistemas de distribuição, à medição e à qualidade da energia elétrica (Aneel, 2018).

Para o cumprimento dos objetivos citados, tem-se o Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, do documento, que: estabelece os procedimentos relacionados à qualidade da energia, abordando produto, serviços e tratamento de reclamações; define a terminologia dos indicadores, fornece limites e valores de referência e estabelece a gestão de reclamações; além de apresentar a metodologia para apuração dos indicadores e dos tempos de atendimento das ocorrências (Aneel, 2018).

Nesse Módulo, são apresentados diversos indicadores que avaliam a qualidade do produto, do serviço e do tratamento de reclamações. Normalmente, os mais conhecidos estão relacionados ao serviço prestado pelas concessionárias. Serão destacados, logo abaixo, alguns desses critérios:

- a) Tempo Médio de Atendimento à Emergências (TMAE): é expresso em minutos e calcula o tempo médio de atendimento a ocorrências emergenciais. Para seu cálculo, são levados em consideração o Tempo Médio de Preparação (TMP), o Tempo Médio de Deslocamento (TMD) e o Tempo Médio de Execução (TME);
- b) Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DIC): expresso em horas e centésimos de hora;
- c) Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (FIC): expresso em número de interrupções;

- d) Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC): calculado a partir da Equação 2.1, expresso em horas e centésimos de hora;

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc} \quad (2.1)$$

- e) Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC): calculado a partir da Equação 2.2, expresso em número de interrupções e centésimos do número de interrupções.

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc} \quad (2.2)$$

Vale ressaltar, que se entende por ocorrência emergencial, o atendimento de emergência provocado por um único evento que gere deslocamento de equipes, inclusive aquela considerada improcedente e “Cc” por número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT.

Para avaliar a sua manutenção, a Eletroeletrônica não faz uso “direto” desses e de outros indicadores presentes no PRODIST, entretanto, utiliza critérios similares e que inclusive, possuem princípios em concordância com os conceitos dos indicadores contidos no procedimento da Aneel.

Um dos principais aspectos levados em consideração pela Gerência é o Tempo Médio Entre Falhas, também conhecido por *Mean Time Between Failures* (MTBF). Esse indicador diz respeito ao tempo total de funcionamento adequado médio, entre as falhas desse sistema, consideradas reparáveis. Quanto maior for esse tempo médio, maior será a confiabilidade desse ativo/sistema. O MTBF pode ser calculado pela Equação 2.3:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de Funcionamento do Ativo} - \text{Tempo Total Gasto em Reparos}}{\text{N}^\circ \text{ de Reparos}} \quad (2.3)$$

Outro indicador bastante relevante é o Tempo Médio Para Reparos, em inglês chamado de *Mean Time To Repair* (MTTR). Esse critério de manutenção mostra o tempo médio que a equipe leva para solucionar a causa fundamental da falha e tornar o ativo operacional novamente. O MTTR é calculado pela Equação 2.4:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Total Gasto em Reparos}}{\text{N}^\circ \text{ de Reparos}} \quad (2.4)$$

Para obter esses e outros indicadores, é estritamente necessário mapear os eventos classificados como falha, para que eles façam parte do cálculo dos mesmos. A questão é que esse processo nem sempre é simples, algumas variáveis estão presentes e precisam ser analisadas com atenção.

No caso da Vale, o evento é destinado a alguma gerência, com base no suposto ativo que apresentou problema. Uma das dificuldades dessa classificação é que, por vezes, tem-se apenas o efeito de um evento, como a queda de energia, a paralisação de um trem, a perda de informações, entre outros, mas não se constata de imediato a causa fundamental do evento.

Dessa forma, os técnicos de campo e principalmente os especialistas, são responsáveis por definir a causa, esclarecendo qual é a gerência responsável, qual o equipamento que realmente apresentou problema e qual a equipe encarregada de manter esse ativo.

Também é de responsabilidade desses colaboradores identificar se o problema realmente foi uma falha. Em muitos casos tem-se defeitos, que são caracterizados por comprometer o desempenho de um equipamento a partir de um problema de determinado componente interno, que não inviabiliza totalmente o funcionamento do conjunto. Os defeitos não fazem parte dos indicadores, mas são bons indícios que uma falha pode vir a acontecer.

Dentro desse processo, com a definição do ativo, também é encontrado qual o sistema que de fato causou a falha. Por fim, obtém-se informações suficientes para o correto entendimento do evento, o que resulta em falhas que podem ser quantificadas, e destinadas aos seus corretos indicadores, contribuindo para que tratativas mais assertivas sejam executadas.

Um dos principais objetivos da manutenção é ter o menor número de falhas e manter os sistemas disponíveis o maior tempo possível, tendo como balizador, as metas determinadas a partir de indicadores ou da taxa de falha dos ativos. No caso do sistema de Energia, foi desenvolvido um conjunto de contingências que o tornam mais robusto e melhoram a sua confiabilidade.

No Maranhão, a fornecedora majoritária de energia elétrica para as redes de distribuição da Vale é a CEMAR. Quando a concessionária deixa de atender algum ramal de entrega dessa rede, é acionado o primeiro nível de contingência: os geradores a diesel. No caso de alguma falha desse ativo ou o esgotamento do combustível após horas de operação, é acionado o segundo nível de contingência: os bancos de baterias. Só assim,

após o descarregamento das baterias ou alguma falha de atendimento por parte desses dispositivos, é percebido o impacto da falha de fornecimento por parte da concessionária.

O acompanhamento do desempenho das redes de distribuição da Vale é realizado de maneira simplificada, diferente das concessionárias, não possuem indicadores próprios. A quantidade de falhas é monitorada de modo a não ultrapassar um valor referência pré-determinado, com base, principalmente, na taxa de falhas desse ativo.

Portanto, a manutenção tem papel fundamental de suporte e possui grande responsabilidade na produtividade de uma empresa. Esse setor precisa fazer valer o elevado investimento nos ativos, garantindo a confiabilidade dos mesmos e assegurando sua disponibilidade quando forem requisitados.

Por sua vez, os indicadores de desempenho demonstram alguns dos diversos critérios que um sistema pode ser avaliado, e apesar de nem todos os indicadores citados serem diretamente utilizados pela Gerência de Manutenção Eletroeletrônica, apresentam conceitos que contribuem na elaboração de novas soluções, buscando melhores resultados. Eles também podem contribuir para a análise da efetividade dessas soluções no dia a dia da empresa, quando todos os parâmetros necessários estão disponíveis.

### 3. APLICAÇÃO DO CICLO PDCA

Como já foi apresentado, as estruturas da rede elétrica da Vale são bastante diversificadas e possuem algumas características bem específicas, o que exige elevado nível técnico por parte dos profissionais responsáveis por esse sistema. Por mais que a empresa priorize, nesse segmento, a contratação de profissionais com comprovada experiência, com passagem em concessionárias de energia e terceirizadas especializadas em implantação de redes elétricas, a Vale possui especificidades não apenas técnicas, mas também de procedimentos, segurança e alta exigência na qualidade dos seus serviços.

Na busca de uma solução para capacitação dos técnicos e eletricitas, a implantação de um centro de treinamento apresentou-se como a alternativa que melhor mitigava essa questão. Esse projeto obedeceu, em boa parte, a sequência de passos proposta pelo ciclo *Plan-do-check-act* – PDCA, uma vez que essa é uma ferramenta eficaz que trabalha diretamente com melhoria contínua de processos.

#### 3.1. Planejar (*Plan*)

O projeto tem como foco a capacitação, e a partir disso foram elencadas uma série de soluções que passaram por um processo de avaliação que definiu qual delas melhor atenderia as necessidades da Vale.

A primeira alternativa foi utilizar as redes já existentes para a realização de treinamentos, o que pareceu ser interessante por ter um custo zero, não sendo necessário projetar ambientes ou algum espaço para práticas, tudo já estava “pronto”. Porém, os contras dessa proposta eram graves, principalmente no quesito segurança e no impacto gerado às operações. Os empregados seriam submetidos ao ambiente real, não controlado, sem possibilidade de realizar testes ou cometer erros, fora que as redes teriam de ser desenergizadas, prejudicando prédios administrativos e/ou áreas operacionais alimentadas por esse ramal.

A segunda alternativa sugeria que os profissionais que seriam treinados deveriam ser encaminhados a escolas técnicas, ou seja, se baseava na realização de cursos externos. Nesse caso, muitos quesitos desqualificaram essa possibilidade, como o elevado investimento, limitação das escolas técnicas quanto a quantidade de turmas durante o ano e conteúdo programático, que não se adequava as especificidades da empresa.

Por fim, a alternativa escolhida foi a que é apresentada como tema desse trabalho de monografia, a criação de uma infraestrutura própria, sempre disponível e pronta a

servir os técnicos e eletricitas, além de ser completamente projetada com base nas estruturas reais existentes em campo, com flexibilidade, possibilitando futuras modificações. Sendo assim, deu-se a origem do projeto do Centro de Capacitação em Redes Elétricas e Fibra Óptica.

Com a definição da solução a ser adotada, passou a ser elaborado o plano de ação para implementação do projeto. Nesse ponto, a etapa *plan* não foi cumprida à risca, pois parte do plano foi desenvolvida à medida que mais informações eram obtidas, mas para fins didáticos, serão apresentadas na Tabela 1 as principais ações do plano, sendo elas definidas nesta etapa ou na etapa de execução.

Tabela 1: Plano de Ação

<b>Plano de Ação para Implementação do Centro</b>
Obter permissão do gerente da área para iniciar o projeto
Identificação do melhor local para comportar a estrutura
Obter permissão do gestor da área escolhida para implantar o projeto
Definir principais estruturas da rede elétrica real instaladas em campo que serão reproduzidas no Centro de Treinamento
Desenvolver croqui do Centro de Treinamento
Listar materiais necessários
Adquirir materiais
Implantar estrutura referente a rede elétrica
Implantar estrutura civil
Definir acabamento do ambiente
Encerrar projeto

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

### **3.2. Fazer (Do)**

Como foi mencionado anteriormente, o projeto em questão foi desenvolvido sob coordenação de uma equipe da Gerência de Manutenção Eletroeletrônica. Por se tratar de uma iniciativa que demandaria bastante investimento de tempo, recursos, mão-de-obra e

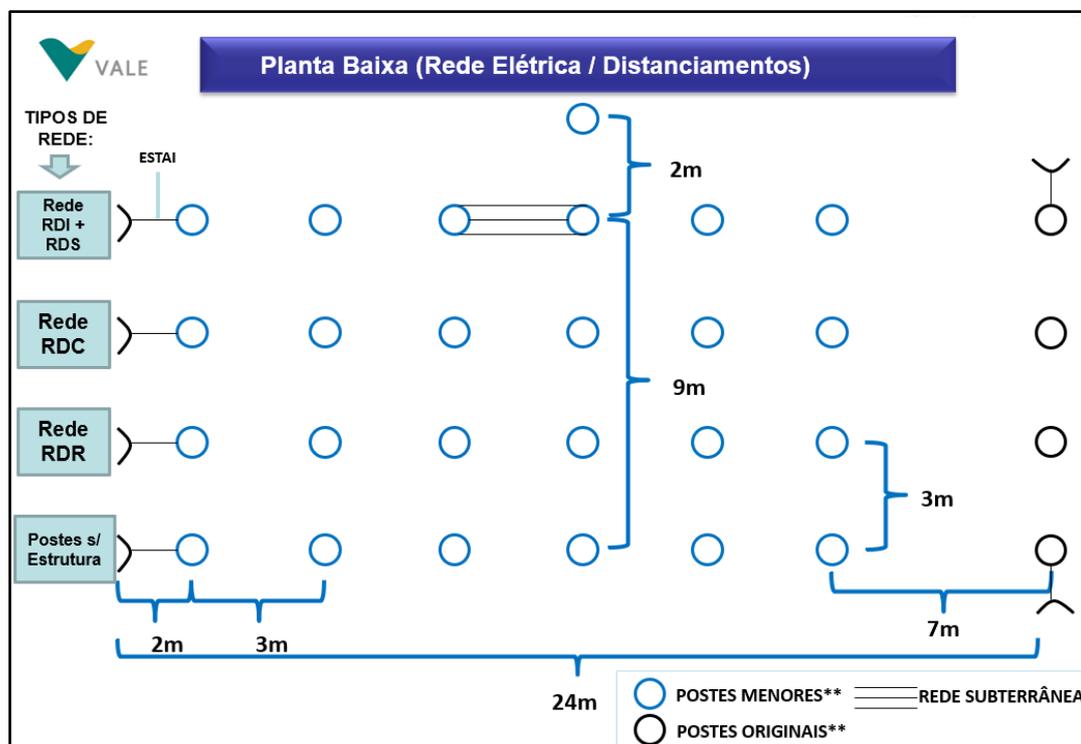
impacto em larga escala, o gerente da área precisava ter conhecimento do que seria feito, além de validar ou não o andamento plano.

Foi apresentado ao gerente pela equipe do projeto do Centro de Treinamento tudo o que envolve essa proposta, o objetivo central de capacitar os funcionários, as alternativas de como isso seria possível, os critérios que levaram a escolha da criação de um ambiente próprio e a série de ganhos que a Vale como um todo teria com o desenvolvimento da ideia.

Ao término da apresentação, a equipe obteve a permissão por parte do gerente, que reforçou a importância do projeto e parabenizou o grupo pela iniciativa.

Em seguida, buscou-se algum local que pudesse comportar a estrutura do Centro de Treinamento. Para fornecer uma estimativa da área que precisava estar disponível, foi elaborado uma planta baixa simples (croqui), permitindo uma referência e facilitando a localização de alguma área compatível. Na Figura 3 é apresentado a planta, ainda sem a definição das estruturas de rede, mas com as distâncias aproximadas, dimensões do ambiente e os tipos de rede de distribuição, RDI (Isolada), RDS (Subterrânea), RDC (Compacta) e RDR (Rural).

Figura 3: Croqui Centro de Treinamento



Fonte: Autor (2018)

Um ponto importante levado em consideração na escolha do local foi a distância do mesmo para o prédio administrativo onde a equipe desempenha suas funções de rotina. Quanto mais próximo melhor seria o acompanhamento do andamento da implantação, pois, por mais que um projeto tão importante estivesse sendo realizado, os funcionários também têm outras atribuições e demandas a entregar.

Dessa forma, foi encontrado o local mostrado nas Figuras 4 e 5, com dimensões compatíveis e com margem para ampliações, situado a aproximadamente 400 metros do prédio da Gerência Eletroeletrônica, esse espaço mostrou-se promissor.

Figura 4: Espaço para implantação do Centro



Fonte: Autor (2018)

Figura 5: Espaço para implantação do Centro



Fonte: Autor (2018)

Após escolha do provável local, foi necessário receber autorização do gestor da área, pois a Eletroeletrônica não possuía autonomia sobre esse ambiente. Similar a primeira apresentação de concessão de permissão, nessa segunda oportunidade foi mostrado ao gestor a importância e as justificativas do projeto. Mais uma vez a equipe teve o aval para dar prosseguimento com o trabalho.

Um dos valores da Vale é “Cuidar do nosso planeta” (VALE, 2017), dessa forma, existem diversas normas e ferramentas para controlar qualquer intervenção na natureza, não para burocratizar os processos, mas buscando zelar pelo meio ambiente de forma genuína. Devido a proposta do projeto, foi necessário obter liberações para que o ambiente das Figuras 4 e 5 fossem modificados.

De forma específica, foi necessário obter uma liberação para escavação e outra liberação para poda e retirada de árvores. A primeira licença era obrigatória para a atividade de implantação de postes, pois deve ser reservado, pelo menos, 10% do comprimento do poste mais 0,6 metros para o engastamento, ou seja, seriam realizadas diversas escavações no solo. E a segunda licença seria necessária para retirada de algumas árvores, bem como a poda periódica daquelas que não seriam removidas. Vale ressaltar que a equipe se preocupou em manter as árvores que não traziam complicações ao projeto, reduzindo o impacto à natureza.

Para conseguir a liberação de extração e poda, bastou apresentar o local e a justificativa do projeto, reforçando que parte da vegetação seria mantida. No caso da liberação de escavação, foi necessária a visita de um técnico ao local portando um dispositivo localizador de cabos e tubulações, para atestar que nenhum encanamento ou estrutura similar seria danificado durante as atividades.

Entrando em detalhes, foi utilizado um dispositivo similar ao modelo RD8100 para localização de possíveis cabos e tubulações no local, apresentado na Figura 6, da empresa Radiodetection. Segundo seu site, a companhia atua no projeto e desenvolvimento de equipamentos de análise em geral (de teste), usados por empresas de diversos segmentos, auxiliando na instalação, proteção e manutenção da sua infraestrutura (RADIODETECTION, 1970). Ainda segundo sua página na internet, a Radiodetection trabalha em equipamentos que previnem danos a partir de localizadores de precisão, *cabe avoidance tools* (ferramentas “que evitam” cabos), inspeção de tubulações e sensores de ar e temperatura.

Não está sendo apresentado o modelo específico porque o mesmo não foi encontrado no site do fabricante, mas a Figura 6 mostra um dispositivo muito similar.

Figura 6: RD8100 – Localizador de Cabos e Tubulações



Fonte: Site do Fabricante (Radiodetection, 2019)

As Figuras 7 e 8 mostram um técnico operando um modelo antecessor (RD8000) e realizando a atividade de inspeção, fazendo uso deste dispositivo.

Figura 7: Técnico validando condição do solo



Fonte: Autor (2018)

Figura 8: Técnico validando condição do solo



Fonte: Autor (2018)

Nas Figuras 7 e 8, observa-se alguns pequenos pedaços de madeira fincados no solo que representam a posição dos postes que seriam implantados caso a liberação de escavação fosse obtida. Os piquetes também serviram como referência ao técnico no processo de localização de tubulações. Contudo, o funcionário teve o cuidado de analisar todo a área, pois algum ajuste no posicionamento dos postes poderia ser feito. Ao término da atividade, o técnico concedeu permissão para escavação no local.

Com as devidas permissões obtidas, o foco voltou a ser na parte mais técnica do projeto, como a definição das estruturas de rede elétrica que seriam utilizadas no Laboratório e sua disposição no ambiente. A prioridade foi escolher as estruturas mais presentes em campo e que os técnicos teriam mais contato no dia-a-dia, além de conceber os tipos de configurações base para o sistema: estruturas de passagem, derivação e ancoragem. Em um tópico específico sobre os itens do Centro de Treinamento serão apresentadas as configurações definidas.

Durante o processo de definição, a equipe identificou algumas oportunidades de mudança: foi inserida uma nova linha de postes, trocada a posição da área da rede subterrânea (que também foi ampliada), bem como destinado um setor do ambiente ao sistema de telecomunicações, dando lugar a rede de fibra óptica. Sendo assim, o layout

apresentado na Figura 3 sofreu algumas mudanças, que também serão apresentadas no tópico específico que trata sobre a estrutura do Laboratório.

Ao estabelecer as estruturas que fariam parte do Centro de Treinamento, tanto da rede elétrica quanto da fibra óptica, foi possível determinar a lista de materiais que seriam utilizados no projeto. Foram usados como documentos de consulta, para elaboração dessa lista, os memoriais do projeto das redes de distribuição de energia elétrica e fibra óptica da Vale, que detalham as ferragens, tipos cabo, isoladores, entre outros dispositivos que compõem a rede.

O processo de aquisição de materiais foi realizado de duas formas, compra em fornecedores e aproveitamento de produtos já adquiridos durante o período de implantação das redes da Vale. É válido destacar que a Gerência de Manutenção Eletroeletrônica não possuía autonomia sobre esses produtos, pois os mesmos eram de responsabilidade das equipes de Projeto e Implantação, outra área da Vale. Sendo assim, foi estabelecido uma interface entre as áreas, possibilitando a obtenção desses materiais, o que reduziu substancialmente o custo do projeto para a Eletroeletrônica.

Os pontos do plano de ação que se referem diretamente a execução do projeto, foram subdivididos em ações mais específicas para um maior controle do cumprimento dos objetivos nessa fase.

Os marcos do processo de implantação da rede elétrica foram divididos em:

- Escavação do solo para implantação dos postes

A atividade foi iniciada de forma manual, com ferramentas simples de escavação. A equipe do projeto observou que o processo se prolongaria muito se continuasse dessa forma, então tratou de disponibilizar aos executantes a escavadeira/perfuratriz da Figura 9, que aumentou exponencialmente a produtividade. Quanto a profundidade do engastamento do poste, se reservou por volta de 1,5 metros, para que a distância do topo ao solo ficasse por volta de 2 metros.

Figura 9: Escavadeira/perfuratriz em atividade de escavação do solo



Fonte: Autor (2018)

- Implantação dos postes

Foi utilizado um caminhão *Munck* para manipulação dos postes. Na Figura 10 observa-se que o colaborador utiliza uma corda amarrada no poste para o conduzir com precisão. Curiosamente, durante essa atividade, um técnico de segurança passou pelo local e fez alguns questionamentos sobre o trabalho que estava sendo realizado, principalmente quanto a amarração da cinta ao poste. Após conversa com os colaboradores e o coordenador da atividade, o técnico compreendeu que o procedimento estava em conformidade com os requisitos de segurança.

Um das grandes preocupações durante esse processo de implantação foi o alinhamento das linhas dos postes, bem como das suas alturas, como o terreno era um pouco desnivelado, essa tarefa foi um pouco mais complexa. A experiência dos colaboradores foi muito importante nesse momento, pois alguns conhecimentos adquiridos em outros projetos permitiram que o alinhamento fosse feito corretamente. Essa questão é muito importante devido à altura reduzida e proximidade dos postes, pois qualquer inconformidade ficaria evidente nessa condição, o que não é percebido com facilidade em postes convencionais de 12/13 metros.

Figura 10: Elevação de poste com caminhão Munk



Fonte: Autor (2018)

- Montagem de estrutura nos postes

Após a instalação dos postes, diversos materiais começaram a chegar, permitindo início da etapa de montagem das estruturas de rede elétrica do laboratório. Uma das ferragens mais importantes em postes circulares é a cinta circular, ela permite que as cruzetas sejam fixadas nos mesmos. A cinta é a base para a montagem, dessa forma, é o primeiro elemento a ser colocado no poste, a partir daí tem-se outras estruturas específicas de cada tipo de rede. Normalmente o padrão é o seguinte: para a rede rural tem-se cruzetas poliméricas, para a compacta o braço tipo “C” ou “L” e para a isolada a cruzeta metálica. A Figura 11 apresenta colaboradores no início da atividade de montagem da rede rural.

O Centro de Treinamento tem como objetivo ser um local de excelência, exigindo que sua estrutura estivesse completamente alinhada com as normas e memoriais de redes elétricas, obedecendo distâncias e alinhamentos, contendo apenas poucas adaptações adotadas devido à altura dos postes, que foi algo pensado e que não comprometeria o aprendizado dos participantes dos treinamentos. Vale ressaltar que a altura do topo dos postes é de 2 metros (solo como referencial), cuja intenção é permitir ao funcionário em treinamento observar as estruturas à nível dos olhos.

Figura 11: Início de montagem de rede RDR



Fonte: Autor (2018)

- Lançamento dos cabos e instalação de caixas de passagem

Após a montagem de boa parte das estruturas, os cabos elétricos foram lançados (instalados no Laboratório). Observa-se na Figura 12 os postes já com suas devidas estruturas e com os cabos fazendo parte da rede interna do ambiente, além da escavadeira/perfuratriz realizando trabalho de escavação do solo para subsequente instalação das caixas de passagem. Esses elementos de concreto comportam a rede subterrânea, que nesse caso separa o trecho da rede rural, mas em campo pode ser associada a qualquer outro tipo de rede (isolada ou compacta).

Figura 12: Estruturas montadas e escavação do solo



Fonte: Autor (2018)

- Implantação dos postes e estruturas do setor de telecomunicações

A construção da área que comportaria a rede de fibra óptica também foi um marco significativo para o projeto, por ter espaço e complexidade de montagem de sua estrutura, menores, o processo se deu rápido e sem dificuldades. A Figura 13 mostra essa etapa.

Figura 13: Área da rede de fibra óptica



Fonte: Autor (2018)

- Lançamento de cabos do setor de simulação e procedimentos reais

A área representada na Figura 14 foi pensada no propósito de treinar os funcionários em atividades reais, realizando trabalhos em altura, após o primeiro estágio de treinamento das estruturas mais próximas ao solo. A Figura 14 retrata dois colaboradores realizando a atividade de instalação dos cabos elétricos nas estruturas aéreas de tamanho real, encontradas em campo. Os executantes estão dentro de um cesto aéreo sustentado por um caminhão *Sky*, que tem justamente a finalidade de elevação de pessoas durante a realização de atividade em altura.

Por questões de segurança, as normas internas da Vale restringem ao máximo a utilização de escadas em procedimentos em altura. O operador do *Sky* fica dentro do cesto aéreo, mas caso o mesmo venha a ter qualquer problema, seja de equipamento ou de saúde, um outro operador fica embaixo para realizar a descida do colaborador em segurança. Por isso que atividades como essa não podem ser realizadas por apenas um funcionário, ele sempre deve estar acompanhado de no mínimo um companheiro, apta a realizar qualquer operação no equipamento.

Figura 14: Lançamento dos cabos em rede de simulação



Fonte: Autor (2018)

- Instalação do Religador e painel solar

É um dispositivo de proteção que consiste em um relé que efetua o comando e contagem de sequência de disparo de seu dispositivo de abertura (disjuntor), tendo como principal finalidade proteger circuitos de distribuição e evitar desligamentos permanentes em decorrência de um defeito temporário. Como esse equipamento é muito utilizado nas redes elétricas da Vale, sua presença também é indispensável no Centro de Capacitação, pois é um elemento que demanda treinamento específico, tanto teórico quanto prático.

Juntamente com o Religador apresentado na Figura 15, foi instalado o cubículo que o acompanha, que contém uma série de outros dispositivos: painel de controle e operação, baterias, módulo de alimentação, entre outros. Além das baterias do Religador, foi pensada uma segunda contingência em caso de falta de alimentação da concessionária, a energia solar. Sendo assim, foi instalado um painel para garantir a operação do dispositivo, mesmo em caso de falta de energia e descarregamento da bateria (na presença de luz solar). Vale reiterar que o único nível de tensão presente no Laboratório é a baixa tensão, restrita à alimentação do religador, iluminação do local, painel solar e baterias. Há necessidade de alimentação do religador para realização de treinamentos de configuração e parametrização do equipamento.

Figura 15: Equipe instalando Religador Automático



Fonte: Autor (2018)

- Ajustes finais da implantação da área dos postes e rede de distribuição do laboratório

Por fim, foram instalados os estais nos postes mapeados, caixas de aterramento e realizadas as descidas da baixa tensão do transformador e do aterramento de rede do setor de simulação e procedimentos reais. Os postes, cruzetas e caixas de passagem foram pintados, dando mais padronização ao ambiente, pois quando se comparavam as estruturas, algumas apresentavam consideráveis diferenças, possivelmente por exposição a diferentes níveis de intempéries antes de serem recebidos pela equipe do projeto do Centro de Treinamento. Também foram feitas as amarrações adequadas dos cabos aos isoladores.

Com o término, ou pelo menos depois de um significativo avanço, da parte elétrica do Laboratório, os esforços se voltaram para realização do projeto civil do ambiente, que também exigiu bastante atenção e envolvimento de uma grande equipe de trabalho, diferente daquela que estava construindo a rede de distribuição elétrica. Os marcos dessa etapa do projeto não serão apresentados com tantos detalhes como a construção do segmento elétrico, mas precisam ter espaço destinado neste trabalho de monografia, por também fazerem parte do processo de implantação do Centro de Treinamento.

Os principais marcos do projeto civil são:

- A construção da área de movimentação de pessoas sem o uso de equipamentos de proteção, contemplando um concreto mais leve e mais barato, não comprometendo em qualidade, pois será aplicado em uma região do laboratório que não será necessário tanto esforço mecânico por parte do concreto, já que haverá apenas movimentação de pessoas e ferramentas leves.
- O desenvolvimento da área civil do setor de simulações, que recebeu um concreto mais resistente e com preço um pouco mais elevado, justificado por ser necessário em locais onde veículos robustos, como os caminhões *Sky* e *Munck*, transitarão, serão operados e permanecerão durante os treinamentos. Essa medida é coerente, pois é requerida uma maior resistência a esforços mecânicos.
- Estruturar o entorno do Laboratório, fazendo o devido cercamento a partir da instalação de mourões e cercas, e implantando os portões de acesso, tanto de pessoas quanto de veículos.
- Instalar caixões, com a finalidade de comportar a brita (similar as usadas em subestações), que seria colocada nas linhas de poste das redes RDR, RDC, RDI e de montagem, nos postes do religador e adjacentes e na área de telecomunicações.

Dentre os pontos citados, aquele que precisou mobilizar o maior número de colaboradores e recursos foi o processo de concretagem. Foram utilizados dois tipos de caminhões nessa atividade: um que bombeava o concreto de dentro do seu reservatório para um tudo que era manuseado pela equipe, que por sua vez, direcionava o concreto para as áreas adequadas; e o outro que possuía uma betoneira, que abastecia com concreto o primeiro caminhão.

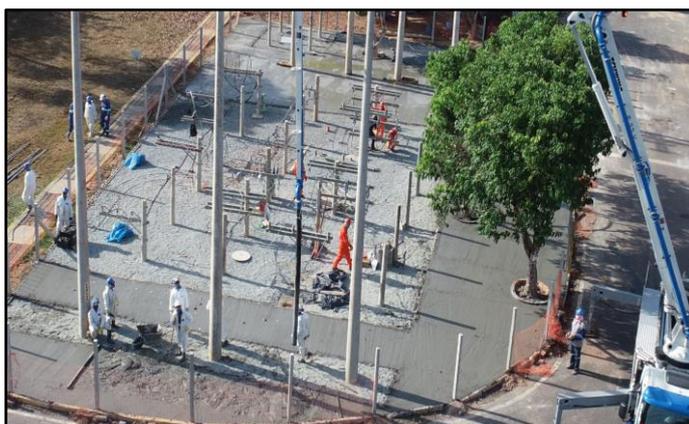
Esse processo precisou ser muito bem programado, pois uma vez determinado o dia que o concreto seria depositado, não poderia ser remarcado, já que o material perderia suas propriedades (secaria). Além do quesito segurança, pois os colaboradores que trabalharam diretamente com o concreto, precisaram utilizar roupas especiais para não entrar em contato com o material. Dessa forma, apresenta-se na Figura 16 o caminhão que bombeava o concreto e a Figura 17 a atividade de concretagem sendo realizada.

Figura 16: Caminhão Bomba Lança de concreto



Fonte: Autor (2018)

Figura 17: Colaboradores realizando concretagem



Fonte: Autor (2018)

A implantação do Centro de Treinamento entrou na sua fase final após as obras civis serem encerradas, restando alguns pequenos ajustes e acabamento no ambiente. Essa fase de finalização do projeto não impediria que alguma turma fosse treinada, pois a estrutura diretamente relacionada às atividades já estava construída. Optou-se por concluir a implantação, visto que havia tempo suficiente para finalizar o projeto e iniciar o primeiro treinamento no Laboratório.

Dentre os ajustes finais estavam: pintura do caminho seguro, dos canteiros das árvores e do chão do ambiente, serviço de jardinagem dentro e ao redor do Centro, instalação de escada para acesso do painel do Religador e limpeza do local. Após a conclusão desses e uns outros pontos, a etapa de implantação do Centro de Capacitação para Técnicos e Eletricistas em Redes de Energia Elétrica e Fibra Óptica foi concluída.

### 3.2.1. Checar (*Check*)

Como foi apresentado na conceituação da metodologia do ciclo PDCA, as fases do método não precisam, necessariamente, se iniciar quando a anterior se encerra completamente, em alguns casos elas podem ocorrer de forma simultânea, não acarretando em problemas, e essa abordagem pode até potencializar os resultados.

Durante o projeto em questão, a implementação do plano de ação começou juntamente com a fase de checagem. Percebeu-se que o acompanhamento mais rápido dos resultados geraria uma melhor análise do planejamento que foi realizado, logo, foi possível verificar, de uma forma mais ágil, se os resultados esperados seriam alcançados.

Como a equipe idealizadora do projeto acompanhava diariamente o processo de implantação do Laboratório, o monitoramento das atividades era constante, o que permitiu uma boa análise do cumprimento das metas estabelecidas e uma previsão do término do projeto.

Por melhor que seja a equipe de implantação de um projeto (qualquer trabalho que seja), um bom processo de checagem pode observar pontos ineficientes e propor alguma modificação para obter-se melhor êxito futuro. No caso do projeto do Centro de Capacitação, observou-se que a entrega de alguns materiais não estava dentro do prazo planejado e os colaboradores nem sempre estavam à disposição (por participarem de outras frentes de serviço, não eram exclusivos do projeto).

Além disso, na etapa inicial, de identificação e escolha do local para o Centro de Treinamento, foi necessário obter algumas liberações relacionadas às políticas ambientais e de segurança da empresa, algumas previstas e outras que surgiram à medida que foi-se aprendendo mais.

E com a finalização da implantação do Laboratório, observou-se que os “setores” do ambiente eram bem conhecidos pelos que participaram do projeto, mas para visitantes ou funcionários que ainda não tinham o conhecimento aprofundado sobre redes elétricas, não era tão intuitivo.

Essas questões foram as principais observadas durante a fase *Check* do ciclo PDCA, alguns desses pontos foram tratados durante a execução do plano de ações e outros só foram iniciados após a conclusão da implantação, o que será discutido com mais detalhes na última fase do método.

### 3.3. Agir (*Act*)

A última fase do ciclo PDCA tem o intuito ou de adotar o plano desenvolvido durante o planejamento como padrão, ou de a partir das situações de não conformidade identificadas durante o processo de verificação (checagem), realizar os devidos ajustes para que os objetivos que foram traçados não deixem de ser cumpridos. Esta etapa “anda de mãos dadas” com a etapa anterior, quanto mais transparente for essa relação, melhores serão os resultados.

Como foi mencionado na fase *Check*, foram observados alguns pontos não completamente satisfatórios ou favoráveis durante a execução do projeto. No caso do atraso no recebimento de alguns materiais, a equipe buscou um diálogo com a área de Projetos, mencionada anteriormente, se colocando à disposição para ajudar no que fosse necessário para acelerar a entrega. Porque em alguns casos, os materiais estavam em armazéns distantes, em outras cidades como Açailândia e Santa Inês. Nas situações em que foi possível, a equipe da Eletroeletrônica promoveu a logística para transportar esses materiais, seja em caminhões próprios, ou através do trem de passageiros da Vale. E quando os materiais não eram críticos, a implantação poderia dar prosseguimento enquanto aguardava o recebimento.

Uma questão delicada durante a implantação do Centro de Treinamento foi a disponibilidade das equipes de implantação, principalmente se tratando dos eletricitistas. Essa equipe desempenhou outras atividades em paralelo à implantação do projeto, e em alguns casos, a prioridade das outras demandas era maior, levando à interrupção da implantação. Não foi um problema frequente, principalmente devido a correta programação das atividades paralelas que contemplaram datas de espera por materiais, caminhões ou escavadeiras/perfuratrizes, nessas situações, o projeto seria necessariamente interrompido. Dessa forma, as etapas da construção do Centro sofreram menos interrupções.

E por fim, com o término da obra, observou-se que os setores do Centro de Treinamento poderiam contar uma melhor identificação desses setores, principalmente para futuros visitantes. Sendo assim, foi proposto a confecção de algumas placas contendo o tipo de cada linha da rede de distribuição interna, os nomes de cada estrutura, o nome da área de fibra óptica entre outras. Essa alternativa poderia inclusive facilitar o treinamento dos técnicos que seriam instruídos.

### 3.4. Processo de melhoria contínua

Como já foi mencionado, um dos principais objetivos da construção do Centro de Capacitação é alavancar a qualidade dos treinamentos relacionados às redes elétricas e de fibra óptica na Vale. Para isso, foi desenvolvida essa infraestrutura que atende fundamentalmente às necessidades da empresa nesses segmentos.

Sendo assim, é de se imaginar que devido aos investimentos de recursos, força de trabalho, tempo e outros fatores, o produto do projeto fosse um ambiente completamente consolidado, que dispensasse qualquer modificação ou ajuste. Segundo o Ciclo PDCA e sua proposta de melhoria contínua, a dinâmica de um projeto não funciona exatamente assim.

O método compreende muito mais que uma simples organização de ideias e ações para implementar, de forma mais eficiente, um projeto. O Ciclo PDCA não propõe um fim precoce para a sua execução, mas sim um processo que se repete de forma sucessiva, sempre buscando novas oportunidades de melhoria. A ideia é solucionar problemas, sejam aqueles que foram identificados logo no início da aplicação da ferramenta ou os que passaram a existir ao longo da aplicação da metodologia, a partir do surgimento de novos desafios.

A exemplo disso, o Centro de Treinamento, apesar de indiscutivelmente apresentar um alto nível de qualidade, certamente possui pontos que ainda podem melhorar, por mais que alguns deles ainda nem tenham sido identificados. À medida que turmas forem sendo treinadas, os instrutores poderão observar o que pode ser ajustado para melhorar os treinamentos. Além do mais, será estimulada a realização de *feedbacks*, dando espaço para que os funcionários treinados possam também contribuir no desenvolvimento de novas soluções para o Centro.

A temática do projeto também favorece a implantação de novas melhorias, pois redes de distribuição normalmente são flexíveis, no sentido de comportar mudanças na sua topologia, por exemplo. O Centro de Treinamento segue essa tendência, com isso, o seu layout inicialmente estabelecido pode ser adaptado de acordo com a necessidade que surgir, permitindo ampliações, mudanças de estruturas, montagem de novas redes etc. Esses fatores trazem otimismo quanto a adaptabilidade do Centro de Treinamento e valorizam ainda mais essa iniciativa.

#### 4. O CENTRO DE CAPACITAÇÃO

O projeto do Centro de Capacitação levou seis meses para ser idealizado, planejado e implementado. De maio a novembro do ano de 2018, diversas equipes estiveram envolvidas para que essa iniciativa pudesse se tornar realidade. O resultado do processo de implantação do Laboratório, foi um ambiente de treinamento para capacitar os funcionários envolvidos nos trabalhos de manutenção das redes de distribuição de energia elétrica e fibra óptica da Vale. Uma visão panorâmica do Centro de capacitação é mostrada na Figura 18.

Figura 18: Centro de Capacitação finalizado



Fonte: Autor (2018)

Uma das premissas adotadas para que o Centro atendesse adequadamente as equipes de manutenção, foi a compatibilidade com as estruturas reais presentes na Vale. Isto é, houve a preocupação de selecionar aquelas mais comuns, com maior grau de exigência técnica na montagem ou manutenção, com maior potencial de impacto ao sistema em caso de falha, e as não tão presentes, mas que precisam de atenção especial.

A partir dessa seleção, as estruturas foram instaladas de modo que fossem uma referência para qualquer profissional treinado neste ambiente, garantindo que o objeto de estudo, a estrutura interna do Centro de Treinamento, seja um “espelho” do que o colaborador encontrará na sua rotina, não havendo inconformidades.

O custo do Centro de Treinamento foi orçado para R\$ 850.000,00. Este valor é justificável pela qualidade e importância do projeto, contudo, a equipe idealizadora buscou alternativas para reduzir este preço e tornar a iniciativa ainda mais interessante e aplicável. Como já foi mencionado, os idealizadores do Centro, que fazem parte da Eletroeletrônica, conseguiram aproveitar diversos materiais da área de Projetos e Implantação da Vale, um outro setor da companhia.

Esses materiais já tinham sido adquiridos, mas não estavam destinados para a manutenção, mas sim para a implantação de novas redes. Porém, com o encerramento do projeto das redes de distribuição interna da Vale, essa área não tinha mais motivos para manter em estoque esses materiais, e provavelmente os descartaria ou os encaminharia para outros setores da empresa.

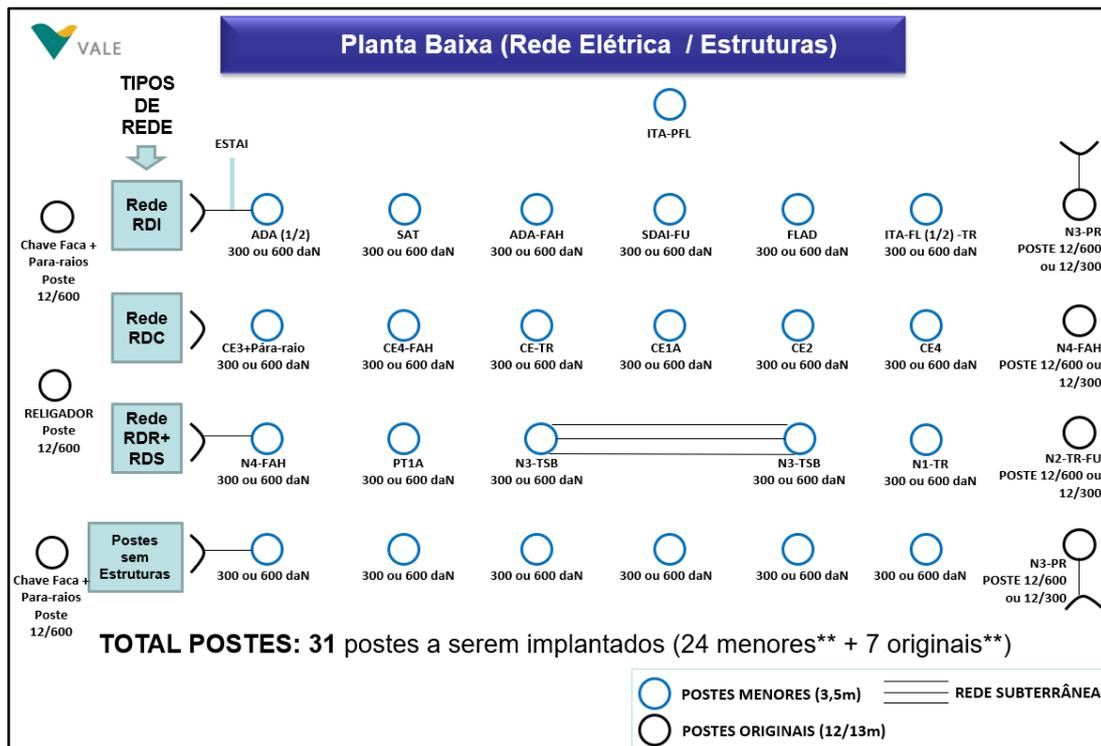
Por conta da iniciativa e parceria com a área de Projetos e Implantação, diversos materiais foram adquiridos pela Eletroeletrônica e os mesmos foram usados no projeto do Centro de Treinamento. O resultado do reaproveitamento de materiais levou a uma redução substancial do custo da obra do projeto, finalizando em um valor de R\$ 190.000,00. Essa economia certamente foi um dos marcos do projeto.

A seguir, será apresentado a estrutura final do Centro de Capacitação em detalhes, explicando a divisão do ambiente e finalidade de cada setor.

#### **4.1. Estrutura Interna do Centro de Capacitação**

Durante a aplicação do Ciclo PDCA, foi apresentado um croqui inicial do Laboratório, apenas com o posicionamento dos postes, ainda sem definição das estruturas que seriam implantadas. Conforme comentado anteriormente, foram realizadas algumas modificações na planta inicial, bem como a definição das configurações que seriam utilizadas. Na Figura 19, é apresentado o croqui final da rede elétrica (desenergizada) do Centro.

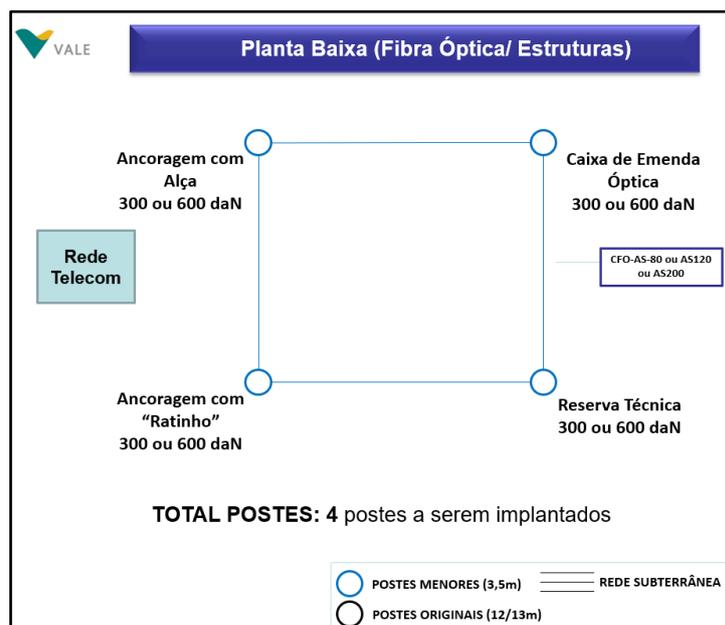
Figura 19: Croqui final da rede elétrica do Centro de Capacitação



Fonte: Autor (2018)

Também foram definidos os elementos que seriam implantados na rede de telecomunicações, que diferente do caso anterior, não possuem nomenclaturas tão específicas. O croqui da rede de fibra óptica é apresentado na Figura 20.

Figura 20: Croqui final da rede de fibra óptica do Centro de Capacitação



Fonte: Autor (2018)

O Centro de Treinamento foi dividido em quatro setores, cada um com sua função no processo de capacitação dos funcionários. A Figura 21 mostra uma imagem aérea do ambiente, com a demarcação de cada setor. Os setores conforme a figura são: Telecomunicações, ou seja, rede de fibra óptica; rede para simulações e procedimentos reais; rede de distribuição de energia elétrica; e religador automático.

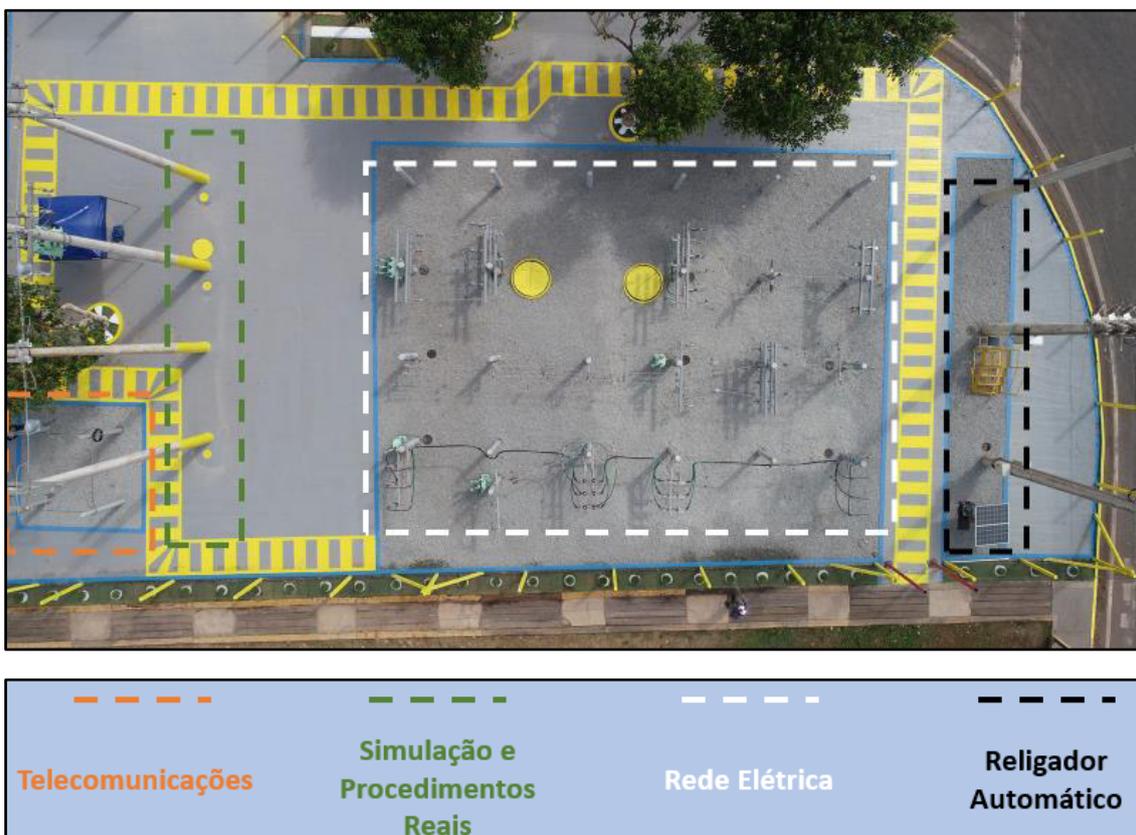
Apesar de suas diferenças, que serão abordadas em tópicos seguintes, existem algumas semelhanças entre esses setores. A primeira delas é o tipo de poste utilizado, o circular. Esse tipo de poste foi adotado pela Vale por reunir uma série de vantagens em relação ao mais comumente utilizado pelas concessionárias de energia, tipo “duplo T”.

Entre elas se destacam a minimização do vandalismo, uma vez que seu formato dificulta a subida de pessoas e por possuir uma “cavidade” interna, permite que o cabo de aterramento (principalmente de transformadores) desça do topo do poste até o solo por dentro da sua estrutura, dificultando o furto desse material. Além disso, com os postes circulares, é possível que a rede elétrica mude de direção a qualquer momento, uma vez que o esforço radial de tração exercido no poste é igualmente distribuído no mesmo, o que não ocorre no poste “duplo T”. Por fim, o formato do poste circular também dificulta a formação de ninhos de pássaros, cupins, abelhas etc.

A outra semelhança entre os setores é o nível zero de tensão na sua rede de distribuição de “média tensão”, ou seja, totalmente desenergizada. Por questões claras de segurança, optou-se por montar essas redes sem alimentação alguma, evitando que algum acidente ocorresse durante os treinamentos ou visitas técnicas. Apenas em alguns pontos há alimentação em baixa tensão, para fornecer energia para refletores, sistema de câmeras e religador.

Os tópicos a seguir serão destinados a explicar cada setor do Centro de Capacitação, comentando sobre suas principais características e importância.

Figura 21: Visão aérea do Laboratório com divisão por setores



Fonte: Autor (2019)

#### 4.1.1. SETOR DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Este setor é representado na Figura 21, circulado pela linha tracejada branca. A área em questão, foi a primeira a ser idealizada no início do projeto, contendo todos os quatro tipos de rede elétrica da Vale e as principais estruturas selecionadas com base nos critérios já discutidos. Este setor é o maior setor em termos de ocupação de área e conta com vinte e quatro postes instalados, todos com dois metros de altura, divididos em quatro linhas, sendo uma delas sem estrutura alguma montada, apenas os postes.

O principal objetivo desse setor é introduzir o técnico ao Centro de Capacitação, inicialmente com atividades menos complexas, como o entendimento das topologias utilizadas e reconhecimento das estruturas. Em seguida, os técnicos podem desempenhar atividades como a inspeção de rede e montagem de estruturas a nível dos olhos, aproveitando a altura reduzida dos postes, sem necessidade de plataformas elevatórias ou caminhões.

As linhas são organizadas da seguinte forma (de cima para baixo na Figura 19): Rede Isolada (RDI), Rede Compacta (RDC), Rede Rural e Subterrânea (RDR+RDS) e linha sem estrutura. Optou-se por colocar brita em toda essa região, principalmente para nivelar o terreno e dificultar a formação de poças de água, similar ao que ocorre em subestações.

A linha da Rede de Distribuição Isolada – RDI, também conhecida como multiplexada, é normalmente utilizada em regiões com grande concentração de particulado (líquido ou sólido) e sob ação constante de intempéries (áreas litorâneas, umidade elevada, partículas em suspensão como minério). Na Vale, esse tipo de rede é presente no TFPM e no RFSP, e correspondendo a cerca de 10% de toda rede elétrica implantada ao longo da EFC, incluindo RFSP e TFPM. Pode-se observar na Figura 22 um trecho da rede RDI.

Figura 22: Rede de Distribuição Isolada - RDI



Fonte: Autor (2019)

Este tipo de rede é o mais caro dentre os existentes na empresa, principalmente pelo tipo de cabo utilizado (isolado). O preço é explicado pela sua alta resistência a corrosão e confinamento do campo elétrico e magnético, o que concede a característica de cabo isolado, não permitindo fuga de corrente mesmo que entrando em contato com algum corpo ou superfície, ainda que o cabo esteja energizado.

Além do elevado preço, esse tipo de rede também tem como principais características o uso de cruzetas de alumínio, os cabos isolados e a configuração multiplexada que entrelaça os três cabos condutores em um cabo mensageiro de aço, que sustenta os demais. O comprimento do vão, ou distância entre os postes, deste tipo, é de aproximadamente 55 metros.

Os cabos isolados elevam o nível técnico necessário para algumas atividades, principalmente na realização de emendas e muflas. As emendas são conexões feitas entre cabos para dar prosseguimento na rede, em caso de rompimento, principalmente. As muflas, por sua vez, são usadas em terminações, com o principal objetivo de reduzir os arcos elétricos nessas regiões. Ainda sobre os cabos, possuem construção complexa e dividida em sete partes. Um modelo similar ao utilizado na Vale é apresentado na Figura 23.

Figura 23: Cabo Isolado



Fonte: Induscabos, catálogo de cabos (2013)

A linha da Rede de Distribuição Compacta – RDC, é bastante utilizada em regiões estreitas e com espaço reduzido para construção de redes de distribuição, pois os cabos ficam mais próximos uns aos outros. Esse tipo de situação geralmente é observado em vias urbanas ou em trechos com vegetação densa, bem como em áreas com alta densidade de circuitos. Na Vale, esse tipo de rede está presente ao longo da ferrovia, e tem representatividade expressiva, cerca de 35% de toda rede elétrica implantada ao longo da EFC, incluindo RFSP e TFPM.

O cabo utilizado é denominado coberto, e tem como objetivo reduzir a corrente de fuga em caso de contato acidental do mesmo com corpos aterrados, como árvores. Essa cobertura também permite a diminuição do espaçamento entre os condutores. Apesar dessa característica, diferente do cabo isolado, não apresenta o confinamento do campo elétrico na sua proteção, por isso, a rede compacta deve ser considerada nua, por questões de segurança.

Além das características do cabo, as estruturas utilizadas nas redes compactas, permitem que a área ocupada por ela seja reduzida se comparada aos outros tipos de rede. Algumas dessas estruturas são o braço tipo C e o espaçador losangular, que podem ser observados na Figura 24, aplicados na rede RDC. O comprimento do vão também é de aproximadamente 55 metros, na Vale, mas as concessionárias de energia, como a CEMAR, permitem que o distanciamento entre os postes dessa rede chegue a 80 metros.

Figura 24: Rede de Distribuição Compacta - RDC

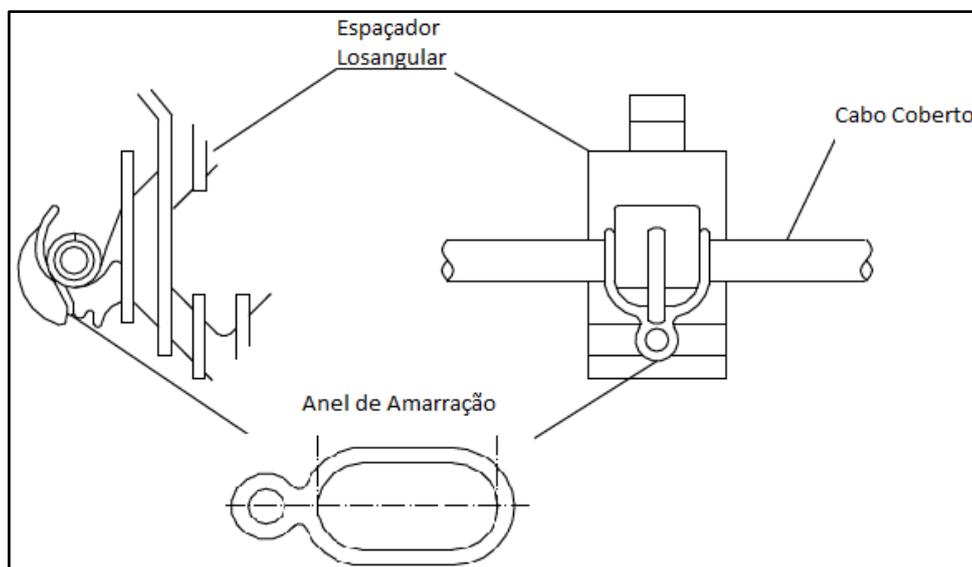


Fonte: Autor (2019)

Apesar de suas vantagens, a rede compacta exige atenção na frequência de suas manutenções, principalmente por uma de suas características mais marcantes, o uso de espaçadores. Estes dispositivos, também conhecidos como “cavalo marinho”, tem fixação com os cabos através de anéis de amarração feitos de silicone, esses anéis acabam ressecando e rompendo com o tempo. Esse fenômeno faz com que o cabo fique sem fixação, permitindo que o mesmo se movimente no espaçador, acelerando o processo de

desgaste da cobertura do cabo, podendo levá-lo a um rompimento precoce. A Figura 25 mostra uma das fases fixada por meio de um anel de amarração.

Figura 25: Cabo fixado em espaçador com anel de amarração



Fonte: Adaptado de CEMAR NT.018.EQTL (2018)

A terceira linha é formada por uma associação de dois tipos de redes de distribuição, a Rede de Distribuição Rural – RDR e a Rede de Distribuição Subterrânea – RDS, apresentada na Figura 26. A RDR é normalmente utilizada em regiões rurais e de difícil acesso, ideal quando não se tem grande concentração de particulado, diminuindo a necessidade de atividades de manutenção constantes. O cabo desse tipo de rede possui uma cobertura similar a RDC, com o mesmo intuito de reduzir a corrente de fuga em caso de contato acidental com algum objeto. A RDR é o tipo de rede mais utilizado na EFC, correspondendo a 50% do total instalado

A rede rural permite vãos com as maiores distâncias dentre as redes existentes na Vale, aproximadamente 100 metros, esse é um dos fatores contribuintes para a redução da necessidade de manutenção, quantidade reduzida de estruturas. Essa grande distância entre os postes é justificada, principalmente, pelo tipo de cabo usado na RDR, que possui como condutor o alumínio (assim como as outras), com uma alma de aço, fornecendo melhor sustentação mecânica e resistência a tração.

A RDS é aplicada onde não é possível a superação ou transposição de algum obstáculo com o uso das estruturas de redes aéreas, cenário normalmente observado em viadutos, pontes e túneis ao longo da EFC. Este tipo de rede é considerado a última opção durante a instalação de linhas de distribuição, principalmente por seu elevado preço, pois

usa o mesmo tipo de cabo da rede isolada e tem-se o agravante da necessidade de estruturar um ambiente subterrâneo para comportar os cabos.

Neste tipo de rede, além dos três condutores energizados, aplica-se um quarto condutor chamado de “reserva”, que substitui um dos cabos convencionais em caso de danificação dos mesmos devido movimentação do solo, escavação, vandalismo etc. Essa medida evita que seja necessário a passagem de um cabo, emergencialmente, por algum problema apresentado pelos cabos “titulares”. Apesar de presente, na Vale, representa apenas 5% das redes de distribuição instaladas.

É válido ressaltar que a associação de redes não é exclusiva da RDR com a RDS, a rural pode ser combinada com qualquer outro tipo de rede, bem como a rede subterrânea. Escolheu-se essa combinação específica devido maior representatividade em campo, sendo assim, mais relevante implementar esse caso no Centro de Treinamento.

Figura 26: Redes de Distribuição Rural e Subterrânea



Fonte: Autor (2018)

Por fim, a última linha deste setor do Centro não possui estruturas montadas, contendo apenas seis postes nus, denominada pela equipe do projeto como Rede para Capacitação e Montagem. A finalidade desta linha é permitir que os técnicos e eletricitas reproduzam qualquer estrutura que desejarem ou até montar alguma configuração das linhas ao lado, sem necessariamente desmontá-las. Isso permite que as estruturas de referência não sejam “perdidas”, permanecendo disponíveis para consulta a qualquer momento, porém, caso necessário, as demais redes também podem ser modificadas.

#### 4.1.2. SETOR DE SIMULAÇÃO E PROCEDIMENTOS REAIS

Este setor é representado na Figura 21, circulado pela linha tracejada verde. Enquanto o setor da rede de distribuição (anteriormente apresentado) introduz o técnico ao ambiente do Centro de Treinamento, apresentando os tipos de redes, possibilitando inspeções e montagens a altura do solo, a área de simulação e procedimentos apresenta um cenário ainda mais condizente com o dia-a-dia do funcionário.

Neste setor, iniciam-se as atividades práticas desempenhadas pelos eletricitistas em campo, como as realizadas durante suas rotinas de manutenção. A intenção é proporcionar experiências bastante práticas, sob total e completa supervisão de instrutores experientes, fornecendo qualquer suporte necessário durante os treinamentos. Com isso, tem-se um ambiente muito próximo ao real, com a vantagem do acompanhamento de um instrutor e de um acréscimo de segurança, por se tratar de um ambiente controlado.

A área em questão, apresenta quatro postes e traz a rede rural como exemplo de linha de distribuição. As principais estruturas, que permitem a realização de diversos treinamentos são: transformador, chave fusível e chave faca. Inicialmente pensou-se na RDR por questões óbvias de representatividade, mas nada impede que outros tipos de redes e estruturas substituam as já instaladas.

A Figura 27 apresenta em destaque esse setor do Laboratório, de dois ângulos distintos:

Figura 27: Setor de Simulação e Procedimentos Reais



Fonte: Autor (2018)

#### 4.1.3. SETOR DA REDE DE FIBRA ÓPTICA (TELECOMUNICAÇÕES)

O setor da Rede de Fibra Óptica é representado na Figura 21, circulado pela linha tracejada laranja. Este setor apresenta algumas estruturas da rede de distribuição utilizadas no sistema de Telecomunicações da Vale. A partir desta área, o técnico passa a conhecer as características das redes ópticas da empresa, como o tipo de cabo utilizado e os componentes de sustentação e ancoragem aplicados. Apesar da altura reduzida dos postes, alguns procedimentos podem ser reproduzidos, não comprometendo a capacitação dos colaboradores.

O sistema de Telecomunicações é responsável pelo tráfego de informações entre diversas áreas da Vale, por mais distantes que elas estejam. Esse sistema permite também, que o Centro de Controle monitore todo o comportamento da EFC, recebendo informações, como o status dos trens na ferrovia e condições da via, além de enviar dados, como os de comandos remotos para a movimentação de equipamentos na via (AMV's, por exemplo). Além de tudo, é possível também, comunicar as equipes da manutenção (operação), dispostas ao longo da EFC, entre si e com centro de operações.

Uma das grandes responsáveis pelo correto desempenho das funções do sistema de Telecomunicações é a rede de fibra óptica, mais especificamente o cabo óptico. A Vale utiliza, em sua grande maioria, o cabo do tipo CFOA-SM-AS-200-G-24, que é monomodo (menor diâmetro do núcleo que transmite a luz), autossustentado e possui 24 fibras internas, ideal para transmissão de dados a longas distâncias.

O fato de ser monomodo garante a ele uma velocidade maior se comparado ao multimodo, além de um maior alcance do sinal e menor taxa de perda, mas dificulta o processo de emendas, o que eleva o preço dos equipamentos que o utilizam. É autossustentado por não necessitar de cordoalhas, ou seja, pode ser lançado diretamente nos postes, com a vantagem de permitir vãos de até 200 metros de comprimento.

Este setor do Laboratório não demonstra a associação, possível, permitida e utilizada em campo, das redes elétricas com as de fibra óptica, dividindo os mesmos postes. Essa modificação pode vir a ser feita no futuro, associando-se com qualquer tipo de rede elétrica (RDR, RDI e RDC), mas até então optou-se por destinar esse espaço à fibra. A associação em questão, pode ser observada no setor apresentado no próximo tópico, pois a fibra óptica permite a operação remota de um equipamento muito importante para a proteção e seccionamento das redes elétricas, o religador automático.

#### 4.1.4. SETOR DO RELIGADOR AUTOMÁTICO

O último setor a ser apresentado é o do Religador Automático, representado na Figura 21, circulado pela linha tracejada preta. Esta área do Centro de Capacitação, mesmo que muito importante, foi a última a ser idealizada pela equipe do projeto, basicamente por não se ter a certeza da disponibilidade do religador para implantação no Laboratório. O principal objetivo desse setor é permitir que os técnicos possam ter contato com esse equipamento e desenvolver as competências necessárias para operá-lo.

Observa-se na Figura 28 o complexo agrupamento de estruturas associadas ao religador. Nos postes a montante e a jusante, tem-se um conjunto de chaves faca, totalizando seis chaves. No poste central, que comporta o equipamento, estão presentes três conjuntos de chaves faca, ou seja, um total de nove chaves de seccionamento.

Essa configuração é utilizada para permitir duas possibilidades: o uso normal do religador, abrindo o conjunto de chaves no topo do poste central e inserindo esse equipamento no circuito; e a isolação do religador, necessária para reparar defeito ou retirar o dispositivo do circuito por qualquer motivo, abrindo os dois conjuntos de chave mais próximas do mesmo.

Tem-se ainda nessa área, um painel solar, e três “caixas” metálicas, o quadro de distribuição de corrente alternada (QDCA), o quadro do painel e o cubículo do religador. O painel solar serve como contingência para o sistema de acionamento e comunicação do seccionador automático, pois em caso de interrupção do abastecimento de energia por parte da concessionária, existe uma bateria no cubículo que fornece tensão para a comunicação e o acionamento. O painel nesse caso seria mais um auxílio, aumentando a autonomia da bateria e consequentemente a operacionalidade do religador.

É interessante pontuar que os painéis solares praticamente não são mais usados na EFC, principalmente por questões de vandalismo. O elevado valor comercial deste equipamento é um atrativo, porém, em diversas oportunidades, não chegavam a ser furtados, mas danificados. O uso do dispositivo no Laboratório foi mais uma questão de oportunidade, colocando em uso um painel que tinha sido retirado do campo e ao mesmo tempo ampliando os conhecimentos técnicos que podem ser desenvolvidos nesse ambiente.

Figura 28: Setor do Religador Automático



Fonte: Autor (2018)

#### 4.2. Procedimentos e Possíveis Treinamentos

O Centro de Treinamento, como já foi mencionado, busca ser um ambiente para desenvolvimento e capacitação de funcionários, especificamente quanto às redes elétricas e fibra óptica, prezando pela segurança dos participantes durante as atividades. Os meios pelos quais entende-se ser possível alcançar esse objetivo, são os treinamentos, que serão realizados a partir do Laboratório.

A capacitação permite que os colaboradores adquiram conhecimento e ampliem suas habilidades e competências, que comprovadamente, implicam em mais segurança, eficiência e qualidade no desempenho de suas funções. Além disso, esse processo contribui diretamente para o sentimento de valorização por parte do funcionário, o que na maioria dos casos, gera ainda mais empenho e dedicação.

Na Vale, os treinamentos se baseiam em procedimentos. Estes são documentos (os procedimentos) elaborados por uma equipe multidisciplinar e formalmente autorizados a orientar o determinado trabalho a que se refere. Os procedimentos são criados justamente com o objetivo de enumerar os passos que devem ser seguidos durante alguma atividade, garantindo que ela seja realizada conforme estabelecido pela equipe

elaboradora, que é formada por especialistas, engenheiros, profissionais de segurança, supervisores, entre outros.

Contudo, durante a elaboração dos procedimentos, principalmente os relacionados às atividades práticas, são necessários alguns experimentos, baseados em normas nacionais e internacionais, manuais de fabricantes e conhecimento adquirido empiricamente, ou seja, testes práticos. Dessa forma, os passos mais adequados podem ser enumerados para futuramente serem formalmente oficializados.

Observa-se então, a importância de um local adequado para a realização desses testes e experimentos, e o Centro de Treinamento permite que isso seja possível. Portanto, esse ambiente poderá ainda contribuir para criação de novos procedimentos relacionados às redes elétricas e fibra óptica, resultando assim, em mais treinamentos e por fim, colocando à disposição das pessoas novos conhecimentos a serem adquiridos.

Até então, o procedimento de redes elétricas já criado e ativo na Eletroeletrônica é o PRO 025188 – Procedimento para Manutenção em Redes de Distribuição de Média Tensão (RDR, RDS, RDC e RDI) na EFC, RFSP e TFPM. O objetivo desse documento é estabelecer os requisitos mínimos de segurança nos trabalhos de manutenção nesse segmento e padronizar os passos, minimizando variações de execução.

O PRO 025188 conta com dezoito anexos, cada um específico para a atividade em que foi designado. Na Tabela 2 são listados os anexos:

Tabela 2: Anexos do Procedimento em Redes de Distribuição

<b>Item</b>	<b>Descrição do Anexo</b>
<b>1</b>	Anexo I - Abertura e Fechamento de Chaves Seccionadoras e Fusíveis em Redes de Distribuição RDI, RDS, RDR e RDC em Média Tensão (MT)
<b>2</b>	Anexo II - Uso Correto e Seguro do Detector de Tensão em Redes de Distribuição RDR, RDC e RDI em Média Tensão (MT)
<b>3</b>	Anexo III - Instalação e Retirada de Aterramento Temporário em Redes de Distribuição RDR, RDC e RDI em Média Tensão (MT)
<b>4</b>	Anexo IV – Abertura e Fechamento de Chaves Seccionadoras e Fusíveis com LOAD BUSTER em Redes de Distribuição RDI, RDS, RDR e RDC em Média Tensão (MT)
<b>5</b>	Anexo V - Retirada e Instalação de Para-raios em Redes de Distribuição RDR, RDC e RDI em Média Tensão (MT)
<b>6</b>	Anexo VI – Retirada e Instalação de Chaves Fusíveis em Redes de Distribuição RDI, RDS, RDR e RDC em Média Tensão (MT)
<b>7</b>	Anexo VII – Retirada e Instalação de Elo fusível em bastão porta-fusível para Redes de Distribuição RDI, RDS, RDR e RDC em Média Tensão (MT)

8	Anexo VIII – Retirada e Instalação de Espaçadores em Redes de Distribuição RDC em Média Tensão (MT)
9	Anexo IX – Retirada e Instalação de Estruturas CE1 e CE1A em Redes de Distribuição RDC em Média Tensão (MT)
10	Anexo X - Retirada e Instalação de Isoladores de Pino em Estruturas CE2, CE3 e CE4 em Redes de Distribuição RDC em Média Tensão (MT)
11	Anexo XI – Retirada e Instalação de Isoladores em Estruturas PT1A em Redes de Distribuição RDR em Média Tensão (MT)
12	Anexo XII – Retirada e Instalação de Cruzetas Simples em Redes de Distribuição RDR, RDC e RDS em Média Tensão (MT)
13	Anexo XIII – Execução de Muflas Terminais em Redes de Distribuição RDI e RDS em Média Tensão (MT)
14	Anexo XIV – Execução de Emendas de Cabos Isolados em Redes de Distribuição RDI e RDS em Média Tensão (MT)
15	Anexo XV – Execução de Emendas em Cabos Protegidos ou Cobertos em Redes de Distribuição RDR e RDC em Média Tensão (MT)
16	Anexo XVI – Retirada e Substituição de Estrutura SAT (“balancinho”) em Redes de Distribuição RDI em Média Tensão (MT)
17	Anexo XVII – Retirada e Instalação de Cruzetas Simples em Redes de Distribuição RDI em Média Tensão (MT)
18	Anexo XVIII – Retirada e Instalação de Isoladores em Redes de Distribuição RDI em Média Tensão (MT)

Fonte: Vale, PRO – 025188 (2019)

Alguns dos Anexos da Tabela 2 foram desenvolvidos com o uso das instalações do Centro de Treinamento, a exemplo disso tem-se o Anexo IV. O *Load Buster* é um dispositivo que deve ser usado nas intervenções de abertura em redes de distribuição com carga, ou seja, em circuitos energizados. Considera-se obrigatória sua utilização sempre que for realizar desligamento ou seccionar redes nessa condição. O procedimento, em questão, fornece informações sobre o dispositivo, princípio de funcionamento e os passos para operá-lo com segurança, além de pontuar questões como o deslocamento para o local da atividade e uso correto de equipamentos de proteção.

Uma atividade desempenhada com frequência pelas equipes de manutenção é a apresentada no Anexo I do PRO, por isso ele foi o primeiro a ser desenvolvido. O seu objetivo principal é estabelecer os passos que devem ser seguidos nas intervenções (aberturas e/ou fechamentos) em redes de distribuição de média tensão.

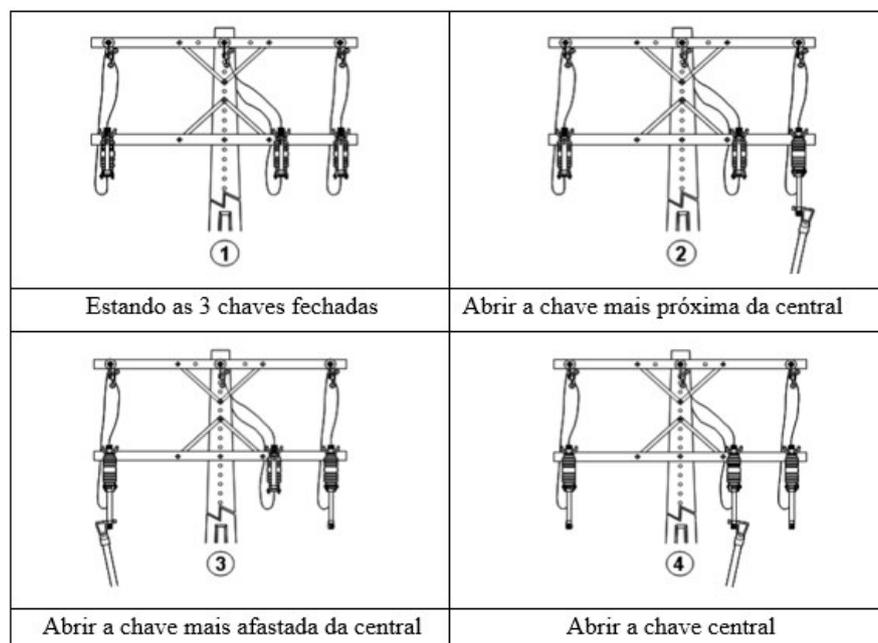
Neste documento, são definidos os recursos necessários para a realização da tarefa, como a vara de manobra, cones e corrente plástica zebra. Também são listados os equipamentos de proteção obrigatórios, como capacete, óculos e luva de alta tensão.

Da mesma forma, são feitas recomendações quanto a organização das ferramentas e do local de trabalho. Em seguida são fornecidas informações adicionais de segurança, por exemplo, executar prioritariamente a intervenção com operador do solo.

Em seguida é abordada a descrição do padrão, que engloba o deslocamento até o local, inspecionar e fazer uso adequado dos EPI's e ferramentas, montar a vara de manobra, analisar o entorno do local e por fim executar a abertura ou o fechamento das chaves fusível ou faca.

A ordem de abertura ou fechamento das chaves se dá a partir da seguinte lógica: a primeira (1ª) chave é definida por último. A segunda (2ª) a ser aberta deve ser aquela que se encontra mais afastada das outras e da estrutura, minimizando o risco de transmissão do arco elétrico para o restante dos acessórios e estrutura. O risco de formação de arco elétrico é menor quando da abertura da última chave, portanto, deve ser aberta por último a chave (3ª) que apresenta o maior risco de transmissão do arco elétrico, no caso a mais próxima ao poste e demais estruturas. Definindo as duas últimas chaves, a primeira passa a ser conhecida. A Figura 29 ilustra uma dentre várias orientações contidas no procedimento acerca de abertura de chaves em cruzeta tipo “meio beco”.

Figura 29: Sequência de abertura de chaves



Fonte: Vale, PRO – 025188 (2019)

Ainda são abordados outros casos além do apresentado na Figura 26, como o fechamento das chaves nesse tipo de configuração, abertura no caso de alguma fase já

estar aberta (possivelmente por defeito em apenas uma fase, rompendo o elo da chave) e intervenções em configuração “beco”.

Por conseguinte, são mostradas informações de posicionamento adequado do colaborador ao realizar a atividade (lado oposto a abertura/fechamento), buscando reduzir o esforço e favorecendo a movimentação. É prevista, também, uma distância de segurança de no mínimo 10 metros para que os outros funcionários envolvidos na atividade estejam, enquanto o executante da intervenção cumpre sua função.

E por fim, o procedimento traz recomendações quanto a atenção e concentração, que devem ser sempre presentes para que seja evitado qualquer tipo de acidente ou situação desfavorável. Além do nome dos elaboradores do anexo, principalmente para mostrar quem são envolvidos na criação desse documento e indicar as pessoas que podem fornecer algum auxílio para melhor entendimento do material.

Atualmente, os treinamentos de redes elétricas realizados no Laboratório se baseiam no procedimento em questão e seus anexos, mas está previsto a criação de novos treinamentos, como: substituição de transformadores, operação de veículos aéreos não tripulados (drones) para inspeção de rede elétrica, conduta segura em situações adversas (queda de cabos, inclinação excessiva de postes etc.), entre outros.

O setor de telecomunicações permite a realização de treinamentos em fibras ópticas, como lançamento e ancoragem de cabos, montagem e inspeção de estruturas, e por fim, o treinamento mais complexo, o de fusão de fibras ópticas. O Laboratório permitirá que os procedimentos relacionados a esse sistema sejam desenvolvidos, uma vez que não estão oficialmente criados.

Vale ressaltar que os funcionários envolvidos nas atividades de redes de fibra óptica, são treinados nos manuais dos equipamentos, treinamentos internos e de fornecedores externos, obedecendo a premissa de necessidade de capacitação para participar de uma atividade, mesmo sem existir um procedimento como o apresentado na Tabela 2.

## 5. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

O Centro de Capacitação de Técnicos e Eletricistas foi criado com o principal objetivo de capacitar os colaboradores envolvidos em atividades de redes elétricas e de fibra óptica, e acredita-se que a forma mais adequada de experimentar um ambiente como esse é realizando os treinamentos práticos que ele propõe. Será apresentado o primeiro treinamento realizado no Laboratório, mostrando a dinâmica que foi estabelecida combinando o conhecimento teórico com o prático, e algumas das atividades desenvolvidas pela turma capacitada.

E quanto aos resultados, será levado em consideração, principalmente, a avaliação dos funcionários treinados, com respeito a todos os aspectos que envolvem o Centro, treinamentos, topologias de rede instaladas, instrutor etc. Além disso, será apresentado a pesquisa *online* realizada, que buscou coletar essas informações e sugestões por parte da primeira turma treinada.

### 5.1. Primeiro treinamento realizado no Centro de Capacitação

A primeira turma treinada no Laboratório foi formada 2019 e contava com dezoito eletricistas. O treinamento se iniciou no 28 de janeiro e terminou no dia 01 de fevereiro, totalizando 40 horas de capacitação. Nesta primeira oportunidade, foi realizado o treinamento do Procedimento para Manutenção em Redes de Média Tensão – PRO 025188, levando em consideração todos os seus anexos, conforme Tabela 2.

A parte inicial do treinamento se deu de forma teórica, pois gerar o entendimento e construir a lógica dos passos desempenhados durante uma atividade prática, é importante para consolidar o conhecimento. Uma vez que o técnico assimila a justificativa por trás de cada etapa de um procedimento, a possibilidade da ocorrência de algum desvio é reduzida, conseqüentemente, os erros e seus efeitos também diminuem.

Sendo assim, antes mesmo de se abordar o procedimento de manutenção, algumas definições sobre cabos e condutores foram feitas, bem como um comparativo entre seus tipos (condutores de alumínio, cabos protegido e isolado). Similarmente, foram apresentados os tipos de rede existentes na Vale, estimulando desde o início do treinamento, a importância de uma inspeção cuidadosa, identificando cada componente e sua condição.

O primeiro dia também foi reservado para discussões de saúde e segurança, focando nas políticas da empresa e questões específicas tratadas pela NR-10. Por englobar as duas temáticas (segurança e energia elétrica), em treinamentos como esse são apresentados comumente questões como as características que podem contribuir para os efeitos e as consequências do choque elétrico: intensidade da corrente, caminho percorrido no corpo humano, frequência, condições orgânicas do indivíduo e tempo de exposição ou contato.

No segundo dia de treinamento, foi tratado sobre os dispositivos de manobra e proteção, padrões e dados técnicos acerca da rede elétrica da Vale e os instrumentos de diagnóstico utilizados para obter informações do estado da rede e seus componentes, como o termovisor e o detector de tensão.

Discussões específicas sobre o Procedimento de Manutenção iniciaram ao terceiro dia. No período da manhã foram discutidos os dados gerais sobre esse procedimento e as informações técnicas acerca dos quatro primeiros anexos do PRO – 025188 (I, II, III e IV). Durante a tarde, a turma foi encaminhada ao Centro de Treinamento para aplicação prática dos conhecimentos adquiridos na primeira metade do dia. É interessante ressaltar que, essa estratégia de alternar a teoria com a prática, mostrou-se bem aceita pelos funcionários.

Na Figura 30 observa-se colaborador realizando abertura de chave faca usando o dispositivo para abertura de circuitos com carga, o *Load Buster*.

Figura 30: Atividade prática referente ao Anexo IV do Procedimento



Fonte: Autor (2019)

No quarto dia foram abordados os conhecimentos contidos nos Anexos V ao XI, cuja abordagem passou a ser bastante direcionada aos itens da rede elétrica e o processo de instalação e retirada dos mesmos, a exemplo disso tem-se cruzetas, isoladores, ferragens, para-raios e espaçadores. Similar a metodologia adotada no dia anterior, a tarde foi reservada para a aplicação prática, no Centro de Treinamento, dos conhecimentos adquiridos ao longo da manhã. A Figura 31 mostra o colaborador realizando amarração de cabo protegido no isolador da estrutura PTA1 (rede RDR).

Figura 31: Atividade prática referente ao Anexo XI do Procedimento



Fonte: Autor (2019)

E o último dia de treinamento foi reservado para os Anexos restantes (XII a XVIII), que em sua maioria tratam sobre o tipo de rede RDI (consequentemente a rede RDS), contudo, também foram desempenhadas atividades nos outros tipos de rede, ao serem montadas muflas e emendas nos cabos protegidos e instalação de cruzetas.

Após as aulas práticas e teóricas, a turma foi submetida a uma avaliação teórica, englobando os principais aspectos trabalhados durante o treinamento. Vale ressaltar que os eletricitistas também foram avaliados ao longo dos treinamentos práticos, sendo levado em consideração a conformidade da execução dos passos efetuados pelos técnicos, com as normas apresentados na parte teórica, como critério principal.

Posteriormente, com o término do treinamento, os aprovados obtiveram comprovação formal da conclusão através de certificado, e passaram a ser capacitados e autorizados a realizar os procedimentos contidos no PRO – 025188.

## 5.2. Resultados obtidos

Após o término de treinamentos em geral, é sempre solicitado aos participantes uma avaliação de satisfação quanto a capacitação, estimulando que eles deem notas para o curso, o instrutor, o seu próprio conhecimento sobre o assunto antes e depois do treinamento, entre outras questões. Os funcionários deram suas opiniões e certamente serão levadas em consideração para as próximas turmas.

Contudo, no mês de maio, foi realizada uma outra pesquisa, com perguntas mais específicas sobre o treinamento, estimulando os treinados a fazerem uma análise mais profunda do processo de capacitação que eles participaram. Os técnicos foram informados que além de contribuir para a evolução do curso dentro da Vale, eles estariam fazendo parte de uma pesquisa que seria usada neste trabalho de conclusão de curso. O estudo foi feito a partir de um formulário criado na plataforma *Survio*, que permite a realização de pesquisas como essa gratuitamente. A lista de perguntas é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Questionário de satisfação

<b>Questionário de opinião sobre o treinamento do PRO-025188</b>	
1.	Quais outras atividades práticas você adicionaria ao treinamento de redes elétricas além das que você executou?
2.	Qual procedimento/atividade em redes elétricas você acha mais complexo? Como o laboratório de energia te ajudou (ou não) a desenvolver as competências necessárias para realizar essa atividade sem riscos e com eficiência?
3.	Qual foi a importância da realização do treinamento no laboratório de energia para o desempenho das suas atividades de manutenção no dia-a-dia?
4.	Como você avalia a estrutura do laboratório? Ela poderia ser melhor? Quais outras estruturas você colocaria além das já instaladas?
5.	Qual a sua avaliação sobre o treinamento prático no laboratório de energia? Excelente, bom, regular ou ruim? Justifique sua resposta.
6.	Como você se sente ao observar que um elevado investimento está sendo feito para a sua capacitação e desenvolvimento? Motivado, valorizado, indiferente etc. Justifique sua resposta.

Fonte: Autor (2019)

Em relação a primeira pergunta, os funcionários destacaram o desejo por mais atividades de montagem de redes elétricas “do zero”, ou seja, montar todos os itens que compõem uma estrutura. Esse sentimento provavelmente foi causado pela grande quantidade de estruturas no ambiente, estimulando o interesse por parte dos técnicos. Sendo assim, eles viram a oportunidade para aprender todo e qualquer tipo de atividade disponível no Centro.

Devido o curto tempo para realização do treinamento, justificado pelo desafio de passar a maior quantidade de conhecimentos (com qualidade e permitindo assimilação) dentro do período de uma semana, optou-se por focar nos principais itens, estruturas e atividades que normalmente são trabalhados em campo. O que impossibilitou a realização de outras atividades, que também seriam possíveis, por conta da estrutura do Laboratório.

O primeiro questionamento também demonstrou o interesse por outros aprendizados que não constam no PRO-025188, mas que também se relacionam com o tema de linhas de distribuição, como o ajuste de derivações de enrolamentos (tap's) de transformadores, megagem de cabos e ensaios de isoladores/para-raios. Similarmente, foram sugeridos outros treinamentos, como troca de transformadores e resgate em altura, que já estão mapeados para fazerem parte dos procedimentos realizáveis no Laboratório, futuramente.

A segunda pergunta revelou que boa parte dos funcionários considera a abertura e fechamento de chaves uma atividade delicada e que necessita de bastante atenção durante sua execução. Portanto, os treinados afirmam a importância de terem realizado esse tipo de treinamento no Centro, possibilitando o desenvolvendo mais equilíbrio, postura e posicionamento adequados, sempre buscando a melhor execução do procedimento e minimizando os riscos.

Os eletricitistas ainda discorreram sobre a importância do treinamento do dispositivo de abertura com carga (DAC), o *Load Buster*. Eles relataram que já tinham tido contato com esse aparelho em outras oportunidades, porém a clareza contida nos passos descritos no Anexo IV e a semelhante qualidade demonstrada durante os experimentos práticos, permitiram sanar as dúvidas referentes a operação do dispositivo. Os participantes comentaram inclusive sobre a importância do treinamento de muflas e emendas, que pode vir a ser um problema se não executado corretamente.

As respostas referentes a pergunta de número três, demonstraram a grande importância que os eletricitistas deram a esse treinamento e a relevância do mesmo nas suas carreiras. Eles relataram que puderam sanar muitas dúvidas e aprender bastante com os colegas de outras áreas, a troca de experiências foi um ponto forte. Comentaram sobre o aprimoramento desenvolvido ao longo desse período e a segurança que a padronização correta das atividades traz consigo.

Do mesmo modo, eles reconheceram também a importância da interação da teoria com a prática. A base teórica facilitou muito do que foi discutido e trabalhado ao longo

dos treinamentos práticos, e o conhecimento obtido foi muito válido e certamente contribuirá para realização de melhores manutenções.

O treinamento ainda possibilitou que uma mentalidade mais preventiva fosse criada, pois ter a noção adequada dos componentes necessários para formar uma rede elétrica, permite um controle mais eficiente dos estoques de sobressalentes. E ainda se destacou o desenvolvimento de uma postura mais aberta a soluções e ágil na tomada de decisões, alavancadas pelas discussões e trocas de experiências, como já mencionado.

A quarta pergunta apresentou muitos elogios e congratulações por parte dos funcionários à estrutura do Laboratório. Eles classificaram as instalações internas como “ótimas”, “excelentes”, “muito boas” etc. Focaram na qualidade dos materiais e a compatibilidade com as estruturas reais presentes em campo, reforçando a necessidade de boa manutenção do espaço para que continue sendo uma ótima ferramenta de capacitação.

Alguns relataram que não havia a necessidade de novos implementos ou novas estruturas. Contudo, uma outra parte dos entrevistados elencou algumas sugestões que poderiam melhorar as instalações do laboratório, como a presença de banco de reatores, transformadores de potência e de corrente, e associação da rede de fibra óptica com a rede elétrica. Foi ainda reconhecido o trabalho e esforço por parte da equipe elaboradora do projeto, exaltando o alto padrão e elevado nível de estruturação e organização do espaço.

Boa parte dos técnicos classificaram como “bom” o treinamento prático realizado no Laboratório, tema da quinta pergunta. A grande maioria relatou que o tempo foi um pouco limitado, caso contrário, a classificação seria bem melhor. Mas ao mesmo tempo, foi compreendido o fato de por ser a primeira turma, a gestão do tempo ficou um pouco dificultada, o que certamente melhorará nas próximas oportunidades.

Os resultados da sexta e última pergunta, confirmam um dos ganhos obtidos com o investimento em desenvolvimento e capacitação dos funcionários, o sentimento de valorização gerado na equipe. Os técnicos relataram essa sensação e mostraram-se empenhado em retribuir à companhia os esforços direcionados ao desenvolvimento deles. Destacaram “valorização” como palavra-chave e afirmaram o poder dessas iniciativas na sua motivação.

Reafirmaram a importância do treinamento, dos conhecimentos adquiridos e das competências desenvolvidas. Ressaltaram que a “valorização das pessoas” pregada pela Vale, é demonstrada na prática quando iniciativas como essa são propostas e colocadas

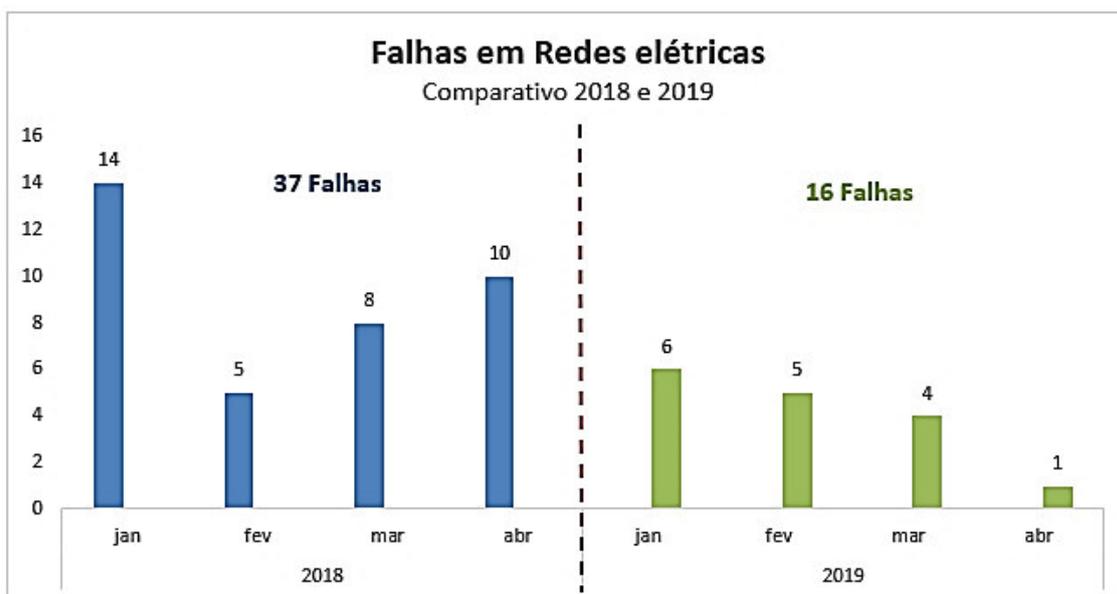
em ação. Por fim, afirmaram o interesse de participar de próximos treinamentos e contribuir com o que for necessário para melhorar a empresa.

A pesquisa demonstrada anteriormente se mostrou uma boa alternativa para avaliar o projeto do Centro de Treinamento, contudo, procurou-se uma outra forma de avaliar esse ambiente, podendo envolver indicadores ou números que revelem outras informações expressivas.

Ao serem cogitados indicadores como os já citados neste trabalho, MTBF e MTTR, observou-se algumas variáveis que dificultariam a análise, principalmente àquelas relacionadas ao tempo, como o tempo gasto em reparos. Em 2019, novas recomendações acerca dos procedimentos relacionados às redes elétricas foram estabelecidas, e essas recomendações, por sua vez, elevaram o tempo para execução de uma manutenção. Isso poderia levar a uma falsa conclusão: “as manutenções passaram a demorar mais tempo por causa do treinamento”, o que seria completamente equivocado.

Dessa forma, optou-se por um indicador independente do tempo, a quantidade de falhas em redes elétricas. Assim, poderia ser feita uma análise numérica, com um indicador mais simples de ser obtido e que poderia gerar alguma reflexão. Pode-se observar uma comparação entre o número de falhas de 2018 e 2019 mostrada na Figura 32.

Figura 32: Número de falhas em 2018 e 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A Figura 32 mostra um comparativo entre o número de falhas ocorridas em redes elétricas de janeiro a abril de 2018 (antes do treinamento) e no mesmo período, no ano de

2019 (parcialmente após o treinamento). Esse comparativo também não é muito conclusivo, por exemplo: no mês de janeiro do ano corrente, houve uma substancial redução no número de falhas se comparado ao ano anterior, contudo, o treinamento só foi realizado no final do mês, não podendo assim, influenciar no número de falhas.

A redução observada no intervalo dos quatro meses em questão, certamente teve influência do Laboratório, mas acredita-se que outras medidas adotadas nesse mesmo período têm maior responsabilidade nesse fenômeno. A exemplo disso tem-se: ainda mais foco nas ações preventivas, buscando reduzir o número de falhas; discussões técnicas com os eletricitistas para esclarecimentos de dúvidas; troca de materiais em fim de vida útil; ações em outros sistemas (telecomunicações e sinalização, por exemplo) que desempenham certa influência no sistema de energia elétrica.

Acredita-se que abordagens numéricas e baseadas em indicadores poderão ser feitas com mais precisão com o passar do tempo. Além disso, realização de novos treinamentos também auxiliarão nesse processo analítico, porém, até então, considera-se a opinião dos técnicos um dos melhores parâmetros de avaliação.

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho de monografia abordou o projeto de um Centro de Capacitação como uma alternativa para o desenvolvimento e a capacitação de técnicos e eletricitas, vinculados a uma gerência da empresa Vale. Esses profissionais, que trabalham realizando atividades de manutenção, inspeção e operação em redes de distribuição de energia elétrica e em redes de fibra óptica, passam a ter a oportunidade de participar de treinamentos em um ambiente bem estruturado, contendo todos os tipos de rede elétrica presentes na empresa e as principais configurações encontradas em campo.

O processo de implantação do Laboratório seguiu a metodologia de uma ferramenta de melhoria contínua bastante disseminada e presente em diversos processos, negócios e projetos, o Ciclo PDCA. Foram apresentados os conceitos que envolvem o método e como eles foram aplicados em um caso real de implantação do projeto descrito. O Ciclo não só se mostrou uma ferramenta interessante para organizar as etapas de construção do ambiente, mas também, uma técnica capaz de identificar pontos de otimização e aperfeiçoamento.

A estrutura interna do Centro de Treinamento foi trabalhada, mostrando a divisão definida pela equipe elaboradora do projeto, contendo os setores de Rede Elétrica, Simulação e Procedimentos Reais, Telecomunicações e Religador Automático. As principais características e funções de cada setor foram apresentadas, enfatizando a importância desta distinção para diversificar os conhecimentos que podem ser adquiridos no espaço. Os diversos treinamentos que podem ser desenvolvidos, foram listados, e um dos procedimentos mais realizados pelas equipes de manutenção foi abordado com mais detalhes.

A experimentação da funcionalidade do ambiente se deu a partir do treinamento prático baseado no Procedimento para Manutenção de Redes de Distribuição, o PRO – 025188, documento interno da Vale. Destacando-se a dinâmica adotada durante a semana de treinamento e relacionando as principais temáticas abordadas e atividades práticas realizadas nesse período.

A metodologia adotada para avaliar a iniciativa do Laboratório, em um primeiro momento, se baseou principalmente no relato dos funcionários a respeito das suas experiências no treinamento que participaram. Os eletricitas concordaram em participar de uma pesquisa *online*, que revelou a importância do projeto do Centro de Capacitação

para o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias no desempenho adequado de suas funções diárias.

Além disso, a pesquisa demonstrou a satisfação e o sentimento de valorização por parte dos técnicos, que reconheceram os esforços da companhia em desenvolver as suas equipes. Os técnicos também foram submetidos a testes teóricos e práticos para terem seus conhecimentos avaliados, e os aprovados obtiveram certificação, comprovando com mais embasamento, a assimilação dos conteúdos apresentados a eles.

Destacam-se como possíveis trabalhos futuros as seguintes iniciativas, ressaltando que algumas delas já estão em andamento:

- a) Inclusão de novos treinamentos para o Centro, como atividade de resgate em altura, conduta segura em casos de situações adversas, princípio de funcionamento e ajuste de tap de transformador, entre outros;
- b) Projeto de identificação de não-conformidades na rede elétrica a partir de filmagens aéreas (usando drone), utilizando o Laboratório como banco de imagens, fornecendo os padrões normativos e possibilitando o treinamento adequado das redes neurais (já iniciado);
- c) Desenvolver novas soluções para redes elétricas, como a de um bloqueador de chaves faca e fusível, que impede o fechamento das chaves e consequente reenergização do circuito, mesmo com a fonte alimentadora ligada (já iniciado);
- d) Abrir o espaço para universidades e escolas técnicas, com o objetivo de apresentar em um ambiente controlado, as características das redes da Vale, estimulando discussões, novas ideias e inovações.

## REFERÊNCIAS

Agência nacional de Energia Elétrica (Aneel, 2018). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Nacional – PRODIST, Módulo 1** – Introdução.

Agência nacional de Energia Elétrica (Aneel, 2018). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Nacional – PRODIST, Módulo 8** – Qualidade de Energia Elétrica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

BLOKDYK, G. (2018). **Deming PDCA cycle A Clear and Concise Reference**, 5STARCOoks.

CAMARGO, W., (2011). **Controle de Qualidade Total**. Disponível em: <http://ead.ifap.edu.br/netsys/public/livros/LIVROS%20SEGURAN%C3%87A%20DO%20TRABALHO/M%C3%B3dulo%20I/Livro%20Controle%20da%20Qualidade%20Total.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

Companhia Energética do Maranhão (CEMAR, 2018). **ET.002.EQTL (2018). Normas e Padrões – Para-raios de distribuição**.

Companhia Energética do Maranhão (CEMAR, 2018). **ET.004.EQTL. Normas e Padrões - Chave Seccionadora Unipolar (Chave Faca)**.

Companhia Energética do Maranhão (CEMAR, 2018). **ET.181.EQTL (2018). Normas e Padrões – Espaçador Losangular**.

Companhia Energética do Maranhão (CEMAR, 2018). **NT.018.EQTL (2018). Normas e Padrões - Rede de Distribuição Compacta**.

ELIPSE SOFTWARE (2015). **Elipse self-healing agiliza a recomposição do sistema de energia da CEMAR**. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/case/solucao-self-healing-da-elipse-soft-ware-agiliza-a-recomposicao-do-sistema-de-energia-da-cemar/>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

FRANCISCHINI, A. S., & FRANCISCHINI, P. G. (2018). **Indicadores de Desempenho: Dos objetivos à ação—métodos para elabora KPIs e obter resultados**. Alta Books Editora.

FREZATTI, F. (1998). **Valor da empresa: avaliação de ativos pela abordagem do resultado econômico residual**. *Caderno de Estudos*, (19), 01-16.

INDUSCABOS (2013). **Catálogo de cabos**. Disponível em: [http://www.induscabos.com.br/wp-content/uploads/2013/10/catalogo\\_media\\_tensao\\_pdf.pdf](http://www.induscabos.com.br/wp-content/uploads/2013/10/catalogo_media_tensao_pdf.pdf). Acesso em: 18 de maio de 2019.

MAMEDE, D. R. (2011). **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. GEN / LTC.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). Norma Regulamentadora n.10, **NR-10** – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília, DF: Portaria Dsst-SIT-MTE, 2004.

MOEN, R., & NORMAN, C. (2006). **Evolution of the PDCA cycle**.

PROJECT BUILDER (2017). **Ciclo PDCA: uma ferramenta imprescindível ao gerente de projetos**. Disponível em: <https://www.projectbuilder.com.br/blog/ciclo-pdca-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos/>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

RADIODETECTION. **Produtos, localizadores de cabos e canos**. Disponível em: <https://www.radiodetection.com/en/products/cable-and-pipe-locators/rd8100>. Acessado em: 19 de maio de 2019.

RADIODETECTION. **Sobre a Radiodetection**. Disponível em: <https://www.radiodetection.com/en/about-us/about-us>. Acessado em: 19 de maio de 2019.

TAGUE, N. R. (2005) [1995]. **The quality toolbox** (Vol. 600). Milwaukee, WI: ASQ Quality Press.

TORRES, M. D. F. (2004). **Estado, democracia e administração pública no Brasil**. FGV Editora.

VALE (2015). Documento interno Vale - **Memorial Descritivo de Rede de Distribuição Vale, RDR**. Disponível na intranet da Vale.

VALE (2019). Documento interno da Vale - **Procedimento para Manutenção em Redes de Distribuição Média Tensão (RDR, RDS, RDC e RDI) na EFC, RFSP e TFPM – PRO 025188**. Disponível na intranet da Vale.

VALE. **Sobre a VALE.** Disponível em:  
<http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/mission/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 22  
de maio de 2019