

**GESTÃO DA VARIABILIDADE EM SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS
COMPLEXOS: O CASO DA MANUTENÇÃO DE LINHAS DE
TRANSMISSÃO**

Rodrigo Arcuri Marques Pereira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Mario Cesar Rodríguez Vidal

Rio de Janeiro

Abril de 2016

GESTÃO DA VARIABILIDADE EM SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS
COMPLEXOS: O CASO DA MANUTENÇÃO DE LINHAS DE
TRANSMISSÃO

Rodrigo Arcuri Marques Pereira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Mario Cesar Rodríguez Vidal, Dr. Ing.

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D.Sc.

Prof. Marcos Pereira Estellita Lins, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2016

Arcuri, Rodrigo Marques Pereira

Gestão da Variabilidade em Sistemas Sociotécnicos Complexos: o caso da manutenção de linhas de transmissão/Rodrigo Arcuri Marques Pereira. -- Rio de Janeiro, RJ - BRASIL: UFRJ/COPPE, 2016.

XIV, 103 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Mario Cesar Rodríguez Vidal

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 13-17.

1. Ergonomia. 2. Fatores Humanos. 3. Manutenção 4. Linhas de Transmissão 5. Gestão da Variabilidade I. Vidal, Mario Cesar Rodríguez II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção.

III. Título.

Dedicatória

Dedico esta Dissertação à minha avó, Nayde Salek Arcuri, que foi tudo de melhor que uma avó pode ser neste mundo e muito mais. Dedico a ela pela sua incansável e inabalável postura frente à vida e por sempre estar do meu lado para me colocar para cima, me reerguer sempre que alguma dificuldade parecia intransponível. Seus ensinamentos e seu amor marcaram indelevelmente a minha alma, vovó. Obrigado por tudo!

Agradecimentos

Primeiro, a Deus, por ter me permitido traçar meu caminho profissional e pessoal até este ponto, o cumprimento de mais esta etapa.

Ao Brasil, país que embora não tenha testemunhado meu nascimento, me acolheu durante toda a minha vida e minha jornada.

Aos meus avós, por serem um exemplo de retidão e por lapidarem o meu caráter e me ensinarem tantas lições nesta vida.

À minha mãe, pelo seu amor incondicional, seus sacrifícios, seu apoio sempre nas horas mais escuras, e por ser minha grande amiga, acima de tudo.

À Luisa, minha luz, minha companheira, por me mostrar o que é felicidade e completude nesta vida.

Aos meus amigos, por me mostrarem vezes e vezes seguidas que família não é só a de sangue, não.

Ao meu orientador Mario Cesar Vidal, por toda a sabedoria, as orientações técnicas, a ajuda, a paciência e acima de tudo pelas contribuições ao meu crescimento como ser humano.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, pela camaradagem, trabalho em equipe e pelos conselhos também.

Eu os agradeço a todos.

“O que não se mede não se gerencia.”

Prof. Ismael (DEI/POLI/UFRJ)

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

GESTÃO DA VARIABILIDADE EM SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS COMPLEXOS: O CASO DA MANUTENÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Rodrigo Arcuri Marques Pereira

Abril / 2016

Orientador: Mario Cesar Rodríguez Vidal

Programa: Engenharia de Produção

Nesta Dissertação é explorado o trabalho na manutenção de linhas de transmissão sob a ótica da Ergonomia & Fatores Humanos. Após o enquadramento deste sistema de trabalho como passível de estudo sob a abordagem da complexidade, seguiu-se uma Revisão Sistemática da Literatura para mapear as contribuições da Ergonomia & Fatores Humanos aos três eixos de aprimoramento do trabalho na manutenção de linhas de transmissão: (a) os eletricitistas; (b) a companhia transmissora; e (c) a sociedade e os órgãos reguladores.

O estudo empírico foi concretizado pela condução da análise ergonômica neste sistema produtivo. O estudo foi realizado em um grande player nacional no segmento de transmissão de energia. Realizou-se primeiramente uma etapa de Reconhecimento nas gerências regionais da organização, de forma a materializar a Análise Global, e em sequência a etapa de Focalização foi consubstanciada pela observação das atividades de trabalho e aplicação de protocolos de interlocução com os eletricitistas.

É elaborada então uma discussão a respeito da gestão da variabilidade nas atividades de manutenção estudadas, que culmina na identificação de 4 fontes de variabilidade e no debate sobre a influência de fatores de contexto intra e extra-organizacional em sua eclosão.

Abstract of the Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

VARIABILITY MANAGEMENT IN COMPLEX SYSTEMS: THE CASE OF
TRANSMISSION LINES MAINTENANCE

Rodrigo Arcuri Marques Pereira

April / 2016

Advisor: Mario Cesar Rodríguez Vidal

Department: Systems Design Engineering

In this Dissertation we explore the work in the transmission lines maintenance under the view of the discipline of Ergonomics & Human Factors. Firstly this work system is framed as a complex system. Afterwards a Systematic Literature Review was made to map the contributions of Ergonomics & Human Factors to the three axis of work improvement on the transmission lines maintenance: (a) the electricians; (b) the transmission company; and (c) society and the regulatory institutions.

The empiric study was conducted by employing the francophone Ergonomic Work Analysis (EWA). The case study was conducted in a big national pure player of the electric transmission sector. Firstly the Global Analysis was materialized by a method of Reckoning, since four geographically dispersed corporate units were visited. Following this, the next Focalization step was conducted by the observation of work activities and deployment of verbal interaction protocols along with the electricians.

Then we formulate a discussion regarding variability management in the studied maintenance activities, which peaked at the identification of four sources of variability and the debate on the influence of intra and extra-organizational context factors in its emmergence.

Sumário

1	Introdução.....	1
1.1	A Manutenção de Linhas de Transmissão como Sistema Complexo.....	1
1.2	Grupos de Stakeholders – os Eixos de Aprimoramento do Trabalho.....	3
1.3	Teor da dissertação	7
2	Discussão.....	8
3	Conclusão.....	12
4	Referências.....	13
5	Apendice I - Revisão Sistemática da Literatura.....	18
5.1	Introdução	18
5.2	Método	19
5.2.1	Termos de Significância	19
5.2.2	Escolha de Bases de Dados e Construção das Strings de Pesquisa	21
5.2.3	Condução de testes-piloto.....	22
5.2.4	Critérios de Seleção e Etapas de Filtragem	23
5.2.5	Estabelecimento de Classes de Pertinência	24
5.3	Resultados.....	25
5.3.1	Condução de Análise Ergonômica do Trabalho (AET).....	25
5.3.2	Condução de Análise de Confiabilidade Humana	27
5.3.3	Estudo de Saúde e Segurança Ocupacional em eletricitas e equipes de manutenção de linhas.....	28
5.3.4	Sistemas e Metodologias de suporte à manutenção de linhas.....	30
5.3.5	Treinamento de eletricitas e equipes de manutenção de linhas.....	33
5.4	Discussão	35
6	Apêndice II – Proposta de Ferramenta de Suporte à Ação Ergonômica na Manutenção de Linhas de Transmissão.....	38

6.1	Introdução & Fundamentos	38
6.2	Formulação & Aplicação do Instrumento.....	38
6.3	Resultados	40
6.3.1	Primeiro contato e Demanda Gerencial	40
6.3.2	Reconhecimento.....	40
6.3.3	Focalização – Instrumento LICTA	55
6.3.4	Quadro de Problemas.....	59
6.3.5	Discussão	60
7	Apêndice III - Gestão da Variabilidade na Manutenção de Linhas de Transmissão.....	65
7.1	Introdução	65
7.2	Fundamentação Teórica.....	65
7.3	Materiais e Métodos.....	66
7.4	Resultados	67
7.4.1	Enfoque de Problema: Comunicação Inter-cluster	89
7.5	Discussão	94
7.5.1	Estrutura Analítica Tentativa para Eclosões Inéditas	94
7.5.2	Fontes de Variabilidade na Manutenção de Linhas	97
7.5.3	A Organização do Trabalho e a Manifestação da Variabilidade ..	100

Lista de Figuras

Figura 1-1 - Sistema linear	2
Figura 1-2 - Sequências complicadas e complexas	2
Figura 1-3 - Os 3 Eixos de Aprimoramento do Trabalho.....	4
Figura 1-4 - Eixos de Aprimoramento do Trabalho na manutenção de linhas de transmissão	5
Figura 6-1 - Instrumento LICTA	39
Figura 6-2 - Construção Social.....	42
Figura 6-3 - Sistema Interligado Nacional em 2013 (Fonte: ONS).....	44
Figura 6-4 - Categorias das concessões de transmissão no Brasil (Fonte: adaptado de documentação da Gerência de Manutenção de João Pessoa).....	47
Figura 6-5 - Estrutura organizacional da transmissora.....	48
Figura 6-6 - Organograma funcional das gerências regionais de manutenção.....	49
Figura 6-7 - Mapa Conceitual a partir da Questão Focal "Como se organizam as atividades de manutenção de linhas de transmissão?"	53
Figura 6-8 - Associação entre atividades de manutenção e aplicação da Parcela Variável	55
Figura 6-9 - Estrutura de transmissão.....	56
Figura 6-10 - Cluster de torre	57
Figura 6-11 - Processo de substituição de isoladores em linha viva (tarefa prescrita com variações).....	59
Figura 6-12 - Escopo da etapa de Focalização em diferentes sistemas de trabalho	62
Figura 7-1 - Trabalho Prescrito (1/6).....	68

Figura 7-2 - Trabalho Prescrito (2/6).....	69
Figura 7-3 - Trabalho Prescrito (3/6).....	70
Figura 7-4 - Trabalho Prescrito (4/6).....	71
Figura 7-5 - Trabalho Prescrito (5/6).....	72
Figura 7-6 - Trabalho Prescrito (6/6).....	73
Figura 7-7 - Trabalho Real (1/8)	74
Figura 7-8 - Trabalho Real (2/8)	75
Figura 7-9 - Trabalho Real (3/8)	76
Figura 7-10 - Trabalho Real (4/8).....	77
Figura 7-11 - Trabalho Real (5/8).....	78
Figura 7-12 - Trabalho Real (6/8).....	79
Figura 7-13 - Trabalho Real (7/8).....	80
Figura 7-14 - Trabalho Real (8/8).....	81
Figura 7-15 - Içamento da cadeia de isoladores nova por contrapeso.....	84
Figura 7-16 –Içamento da cadeia de isoladores nova por contrapeso	85
Figura 7-17 - Carga de trabalho no cluster de torre.....	86
Figura 7-18 - Distância entre os clusters de trabalho em torre estaiada de médio porte	91
Figura 7-19 – Probabilidade de eclosões inéditas entre duas situações de trabalho em função de Δt e Δs (para $k_1 = k_2$ e $m = n$)	97
Figura 7-20 – Manifestação da Variabilidade em função do espaço de trabalho.....	100

Lista de Tabelas

Tabela 1-1 - Complexidade na manutenção de linhas de transmissão	3
Tabela 1-2 - Objetivos de gestão sob a ótica do trabalho na manutenção de linhas de transmissão	6
Tabela 2-1 - Quadro-resumo dos três estudos que compõem esta Dissertação.....	9
Tabela 5-1 - Termos de significância a partir das questões de pesquisa	19
Tabela 5-2 - Termos de busca em língua portuguesa e inglesa.....	20
Tabela 5-3 - Critérios de Filtragem de Resultados	23
Tabela 5-4 - Classes de fichamento dos resultados da revisão da literatura.....	24
Tabela 5-5 - Resultados da Revisão Sistemática da Literatura	25
Tabela 6-1 - Objetivos das visitas de reconhecimento.....	41
Tabela 6-2 - Itinerário-base das visitas de reconhecimento	42
Tabela 6-3 - Resultados da aplicação do LIC-	58
Tabela 6-4 - Quadro de Problemas	60
Tabela 6-5 - Fontes de variabilidade na manutenção de linhas de transmissão	64
Tabela 7-1 - Registro da Variabilidade (1/3).....	87
Tabela 7-2 - Registro da Variabilidade (2/3).....	88
Tabela 7-3 - Registro da Variabilidade (3/3).....	89
Tabela 7-4 - Sistematização da Dificuldade de comunicação inter-cluster.....	90
Tabela 7-5 - Influência da Variabilidade na dificuldade de comunicação inter-cluster (1/2)	92
Tabela 7-6 - Influência da Variabilidade na dificuldade de comunicação inter-cluster (2/2)	93

Tabela 7-7 - Proposta de melhoria para a comunicação inter-cluster.....	94
Tabela 7-8 – Manifestação da Variabilidade em três sistemas de trabalho.....	99

1 Introdução

A função manutenção é quase sempre vista como uma prima pobre da função de produção. Não obstante, ela sempre desempenha um papel vital em vários sistemas de produção. A migração experimentada pela função manutenção, de mero requisito de continuidade operacional para um meio de alcançar indicadores de negócio, confere a ela papel estratégico nos atuais sistemas produtivos (KARDEC; NASCIF, 2009).

Este é precisamente o caso da manutenção em linhas de transmissão de energia. No entanto, o fator humano na manutenção ainda é largamente visto pelo prisma do “ato inseguro” na literatura (LIND, 2008). A Ergonomia de Linhas de Transmissão ainda possui poucos desenvolvimentos, como atestado pela revisão sistemática da literatura apresentada nessa Dissertação, bem como pelas próprias produções da área (ALBERT; HALLOWELL, 2013; MENDONÇA, 2004; MORIGUCHI et al., 2011). Apesar disso, o contexto da transmissão de energia a função manutenção se revela essencial, estratégica e é para onde converge uma parcela significativa da força de trabalho neste tipo de empreendimento. É portanto no contexto da manutenção que nos pareceu pertinente realizar uma abordagem ergonômica deste segmento da produção social.

Esta dissertação, através de três artigos e seus comentários e discussões, tem a finalidade de desmistificar a visão atávica da periculosidade assim como o de valorizar a função manutenção em sua real utilidade, e isso por meio da aproximação científica da realidade do trabalho, que é o que possibilita a Ergonomia, enquanto método e prática.

1.1 A Manutenção de Linhas de Transmissão como Sistema Complexo

Um sistema complexo é um sistema iterativo que possui um ou vários anéis de regulação não lineares (BERTALANFFY, 1984; PAVARD; DUGDALE, 2002). Uma relação linear é uma relação inequívoca e única entre dois elementos. Uma regulação linear é uma relação de causa e efeito a mais simples possível.

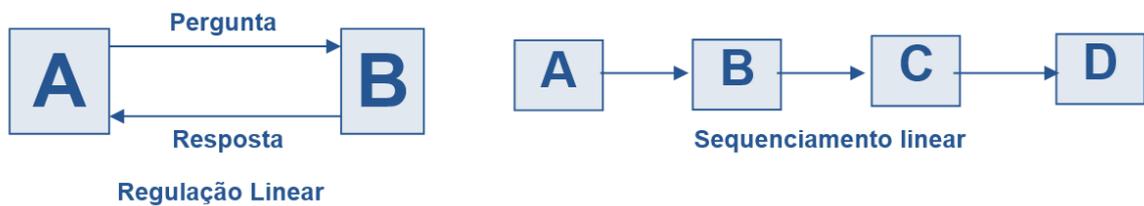


Figura 1-1 - Sistema linear

As relações podem deixar de ser lineares e podem atingir vários graus de complicação. Em alguns casos as regulações deixam de ser estritamente lineares (apenas uma relação entre dois agentes) e podem vir a se tornar complexos.

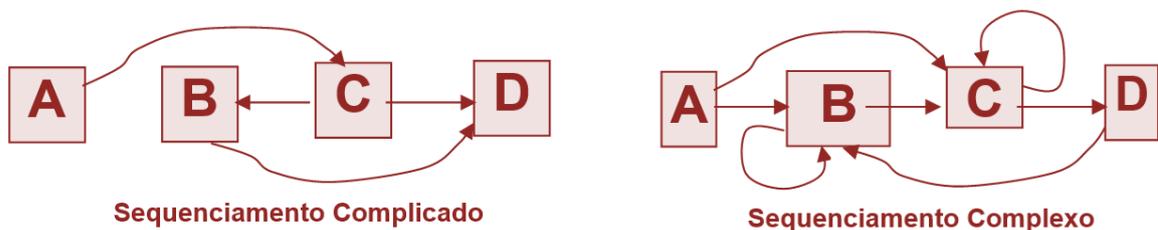


Figura 1-2 - Sequências complicadas e complexas

Pavard e Dugdale (2006) estabelecem quatro propriedades de sistemas complexos:

- **Não-determinismo:** mesmo quando os elementos do sistema são bastante conhecidos, é impossível antecipar de forma precisa o comportamento do sistema;
- **Decomposibilidade funcional limitada:** é difícil ou impossível estudar o as propriedades do sistema através de uma abordagem analítica;
- **Natureza distribuída de informação e representação:** algumas funções do sistema complexo não podem ser posicionadas. A informação se encontra em diferentes lugares e sob o poder de diversos agentes;
- **Afloramento e auto-organização:** quando situações são imprevisíveis, novas informações emergem de forma também imprevisível. A transmissão de informações entre agentes depende de fatores ambientais e da cognição de cada agente individual.

Segundo Vicente (1999), em sistemas sociotécnicos complexos as pessoas precisam trabalhar em equipe para que ele possa obter desempenho funcional satisfatório (**dimensão social**). Esta característica implica em uma necessidade de comunicação clara e de coordenação de atividades. Vicente acrescenta ainda a dimensão

do **risco** aos sistemas sociotécnicos complexos, pois ações humanas equivocadas podem ter consequências catastróficas tanto para os operadores quanto para largos grupos de stakeholders.

Saurin et al. (2014) classifica a manutenção de linhas de distribuição como sistema sociotécnico complexo com base nos múltiplos riscos ocupacionais que os profissionais correm e a diversidade de locais de trabalho nos quais eles atuam. Ao longo da experiência de campo com o sistema de trabalho da transmissão, relatada posteriormente nesta Dissertação, foi possível organizar a Tabela 1-1, enquadrando efetivamente a manutenção de linhas de transmissão como um sistema sociotécnico complexo.

Tabela 1-1 - Complexidade na manutenção de linhas de transmissão

Decomposibilidade funcional limitada	Em atividades envolvendo a substituição de cadeias de isoladores, é necessário em diversos momentos içar cadeias novas até as mísulas. Para tal, é utilizada uma tática de contrapeso com a cadeia a ser retirada
Cognição Distribuída	Atividades que envolvem manutenção aérea requerem a presença de um cluster de solo e um de torre, e a comunicação inter-cluster é essencial para o sucesso da operação, principalmente quando há eclosão mais intensa de variabilidade
Afloramento	A observação das atividades de manutenção de linhas de transmissão revelam um grande número de variações e desajustes no processo, forçando os eletricitistas a adotarem regulações para continuar a operação

1.2 Grupos de Stakeholders – os Eixos de Aprimoramento do Trabalho

Em qualquer negócio e qualquer sistema produtivo, principalmente quando sujeitos a uma análise de ordem ergonômica, pode-se admitir diversos stakeholders envolvidos. Aqui postulamos que eles estejam estratificados em três grandes grupos: os operadores, a organização e a sociedade.

Vicente (1999) estabelece três critérios para aprimoramento do trabalho em sistemas complexos: segurança, produtividade e saúde. O autor argumenta que cada um propicia uma perspectiva distinta em um sistema sociotécnico complexo, e portanto um frame de referência para avaliar efetividade nos mesmos.

Tomamos como referência estes três objetivos apontados por Vicente, agrupando “segurança” e “saúde” junto com o objetivo de bem-estar “conforto” dentro do grupo de stakeholders “operadores”. Além disso, dividimos o objetivo

“produtividade” de Vicente em “custo” e “velocidade”, agregando esta ideia aos outros objetivos de gestão definidos por SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON (2009). Incluímos ainda um objetivo de entrega geral para o grupo de stakeholders “sociedade”.

Assim, as contribuições da ação ergonômica a estes três grupos estabelece Eixos de Aprimoramento do Trabalho, cada eixo abrangendo certos objetivos. Os objetivos de bem-estar e de entrega são auto-explicativos, enquanto que os objetivos de gestão são discutidos pelos autores acima referenciados. Estes eixos estão ilustrados na Figura 1-3.

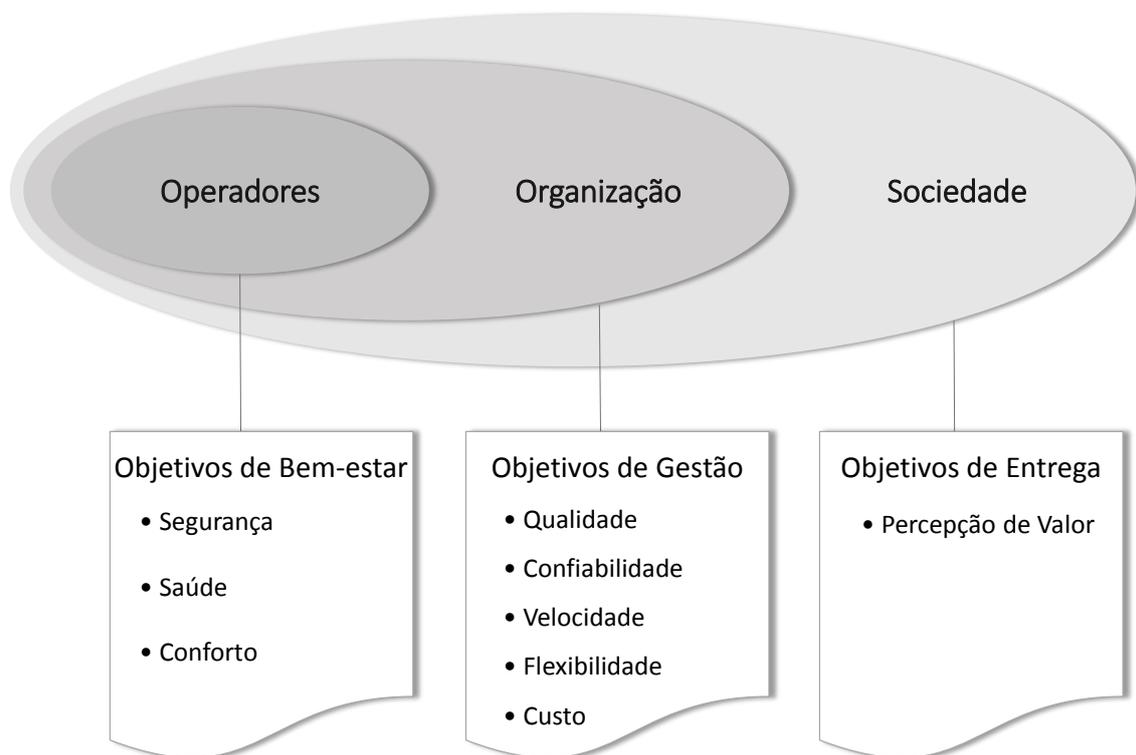


Figura 1-3 - Os 3 Eixos de Aprimoramento do Trabalho

No negócio de transmissão de energia – e particularmente, no sistema de manutenção de linhas de transmissão - é possível especificar os três Eixos de Aprimoramento do Trabalho, conforme mostra a Figura 1-4.

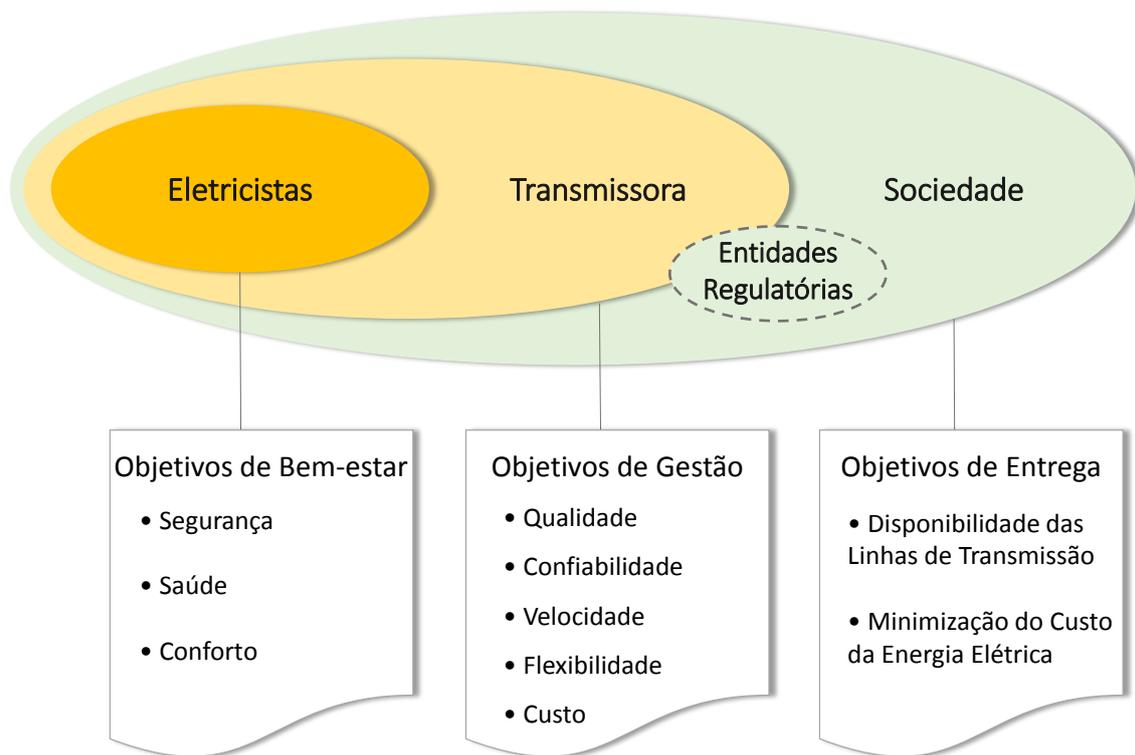


Figura 1-4 - Eixos de Aprimoramento do Trabalho na manutenção de linhas de transmissão

Neste ponto é necessário atentar que, uma vez sob a ótica da Engenharia do Trabalho, os objetivos de gestão devem se reportar ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão, e não aos indicadores gerais de negócio. Deve-se portanto procurar entender a agregação de valor ao negócio gerada por aprimoramentos no trabalho na manutenção de linhas de transmissão. Esta mudança de ótica é exemplificada na Tabela 1-2.

Tabela 1-2 - Objetivos de gestão sob a ótica do trabalho na manutenção de linhas de transmissão

Contribuições do Aporte da E&FH ao Trabalho na Manutenção de Linhas de Transmissão para os Objetivos de Gestão da Cia. Transmissora		
Qualidade	Reparos e Inspeções são bem-sucedidos	
Confiabilidade (Previsibilidade)	Cumprimento do plano de manutenção	
	Recursos para execução da manutenção (humanos, feramental, EPIs, veículos, dispositivos de comunicação) estão sempre disponíveis	
Velocidade	Habilidade de realizar reparos nos ativos o mais rápido possível	
	Habilidade de detectar falhas nos ativos o mais rápido possível	
	Habilidar de realizar treinamentos de efetivo o mais rápido possível	
Flexibilidade	Flexibilidade de Entrega	Habilidade de reprogramar atividades de manutenção
	Flexibilidade de Serviço	Habilidade de adaptação dos sistemas e programas de treinamento a diversos níveis de habilidades ou novas condições presentes nas situações de trabalho de manutenção
	Flexibilidade de Composto (Mix de Produção)	Gestão dos ativos de transmissão ao longo de grande número de localidades, comportando todas as diferentes fontes de variabilidade na manutenção
	Flexibilidade de Volume	Habilidade de adequar os sistemas e programas de treinamento da força de trabalho à variações no efetivo de eletricitistas
Custo	Redução dos centros de custo relacionados à função manutenção	

Com as possíveis contribuições da Ergonomia & Fatores Humanos mapeadas, tornou-se necessário investigar como o estado-da-arte em Ergonomia de Linhas de Transmissão vinha sendo desenvolvido. Esta investigação é realizada no Apêndice I desta Dissertação. O Apêndice II detalha uma análise ergonômica feita em atividades de manutenção em linhas de transmissão, e discute a proposta de uma ferramenta de Ergonomia participativa para instrumentar a etapa de Focalização desta análise. O Apêndice III realiza um debate a respeito das fontes de variabilidade observadas durante a etapa de campo da ação ergonômica - fontes estas atuantes sobre a manutenção de linhas de transmissão - e estabelece um paralelo entre este e outros sistemas produtivos sob a ótica da Gestão da Variabilidade. As seções seguintes de Discussão e Conclusão finalizam a Dissertação.

1.3 Teor da dissertação

Conforme mencionamos, esta dissertação esta fundamentada em tres artigos. Este material se compõe de um texto resumido que enfatiza a discussão que envolve o conjunto dos trabalhos publicados, aqui presentes na qualidade de apêndices.

O primeiro deles apresenta o resultado de revisão sistemática da literatura que relevasse a contribuição da Ergonomia às atividades de manutenção em linhas de transmissão. Esta revisão foi organizada a partir de três eixos, quais sejam, os operadores, a organização transmissora e a sociedade. Foram identificadas contribuições no que se refere a qualidade de vida, aos temas de gestão (qualidade, flexibilidade, custo, confiabilidade e celeridade) e os objetivos sociais (maximização de disponibilidade das linhas e minimização de custos de transmissão).

O segundo deles localiza o estudo ergonômico em uma organização transmissora bem definida. O estudo abrangeu desde a instrução da demanda e até a focalização, possibilitando a construção de um instrumental dedicado a este tipo de estudo. Dois resultados foram derivados: o primeiro formando um quadro taxonômico dos problemas localizados; e o segundo encaminhou a necessidade de entendimento da categoria variabilidade neste processo de trabalho.

O terceiro, conseqüentemente sistematizou o tema da variabilidade, por meio de uma depuração *ad-hoc* dos dados primários coletados em situação de trabalho, que originaram o segundo artigo. Neste, porém, buscou-se estratificar a observação dem tarefa prescrita, tarefa real e ecolosão de variações (próprias ou intercorrentes) com a finalidade do exame destas atividades na perspectiva epistemoçologica da complexidade. Para tanto foi adotado um ponto de vista contemporâneo tanto no que se refere á gênese e forma de variações, com foco no contexto, assim como uma visão de ergonomia fundamentada no trabalho coletivo.

2 Discussão

A discussão desta Dissertação se estrutura a partir das contribuições dos três trabalhos que compõem o seu teor. Este quadro está representado na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 - Quadro-resumo dos três estudos que compõem esta Dissertação

	Revisão Sistemática da Literatura	Proposta de Ferramenta para Ação Ergonômica	Gestão da Variabilidade na Manutenção de Linhas de Transmissão
Objetivo do Artigo	<p>Mapear as contribuições recentes da Ergonomia & Fatores Humanos ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão sob três eixos: operadores, organização e sociedade</p>	<p>Conduzir uma AET na manutenção de linhas de transmissão até o pré-diagnóstico e desenvolver e aplicar uma ferramenta de focalização direcionada a este campo</p>	<p>Confrontar a tarefa prescrita com o trabalho real durante a substituição de cadeias de isoladores em linha viva, identificar as perturbações e regulações que ocorrem nesta atividade e relacioná-las ao quadro de problemas previamente levantado</p>
Empiria	<p>Publicações com este direcionamento, incluindo artigos de periódicos, de anais de congressos e capítulos de livros</p>	<p>Visitas técnicas de reconhecimento e de campo para coleta de documentação, interlocução com operadores e observação do trabalho real</p>	<p>Visita técnica de campo para coleta de documentação, interlocução com operadores e observação do trabalho real</p>
Achados	<p>Contribuições da Ergonomia & Fatores Humanos aos três eixos de aprimoramento do trabalho, estratificados em quatro classes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condução de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) • Condução de Análise de Confiabilidade Humana (ACH) • Estudos em SSO de eletricitas e equipes de linhas • Sistemas e metodologias de suporte à manutenção de linhas de transmissão • Treinamento de eletricitas e equipes de linhas 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise setorial e organizacional da companhia transmissora estudada • Validação da ferramenta de focalização LICTA na obtenção de pré-diagnóstico e direcionadora da sistematização <p>Mapeamento da tarefa prescrita e variações na substituição de isoladores em linha viva</p> <p>Quadro de Problemas descritos e evidenciados no trabalho na manutenção de linhas de transmissão</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Surgimento da comunicação inter-cluster como essencial para efetuar regulações, executar a operação e garantir a segurança dos eletricitas • Identificação de lista de perturbações, regulações associadas e propostas de boas-práticas para incorporar a variabilidade ao sistema produtivo • Classificação das perturbações encontradas em fontes de variabilidade e estabelecimento de relações destas com a dificuldade de comunicação inter-cluster • Proposta de melhoria e endereçamento dos três eixos
Indicações	<p>Há escassez na literatura referente a este campo</p> <p>A Análise Ergonômica do Trabalho francófona desponta como agregadora de contribuições</p> <p>Muitas contribuições são advindas da empiria da distribuição de energia</p>	<p>A etapa de sistematização do estudo necessita de um estudo aprofundado da variabilidade na manutenção de linhas de transmissão</p> <p>Classificação preliminar das fontes de variabilidade observadas e relatadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo analítico tentativo para descrever eclosões inéditas na manutenção de linhas de transmissão • Estabelecimento qualitativo do grau de complexidade das diferentes atividades executadas pelas equipes de linha em função do grau de confinamento x exposição

A Revisão Sistemática da Literatura possibilitou a compreensão de como se distribuem as contribuições da Ergonomia & Fatores Humanos para o trabalho na manutenção de linhas de transmissão. Esta distribuição pode ser vista sob o prisma de quatro classes, dentre as quais a condução da AET francófona se destacou como capaz

de endereçar as três questões de pesquisa e contribuir para o projeto e implementação de artefatos, mentefatos e sociofatos de suporte ao trabalho dos eletricitistas.

Em seguida, realizamos uma AET tendo como campo empírico a manutenção em uma grande transmissora com ativos em todas as regiões brasileiras. A Análise Global se estruturou a partir de visitas de reconhecimento, e a análise focada a partir da formulação e aplicação de um instrumento para avaliação participativa em Ergonomia. Como é corrente na condução de uma AET, a focalização definiu um recorte de aprofundamento da ação ergonômica, o que se configura em um limite deste estudo. A aplicação do instrumento formulado (LICTA) gerou resultado satisfatório, uma vez que permitiu a elaboração de um pré-diagnóstico e um direcionamento para a etapa de sistematização.

Este direcionamento foi de encontro ao estudo da eclosão de perturbações neste sistema de trabalho e as estratégias de gestão da variabilidade que o permeiam. Foi realizado um exame mais detalhado entre o trabalho prescrito e o real. Nesta avaliação, observou-se que o distanciamento da realidade em relação à prescrição faz emergir a necessidade da comunicação inter-cluster, que por sua vez é operacionalizada de maneira rudimentar e imprecisa, visto que virtualmente não está prevista na organização do trabalho. São sinalizadas também as implicações da variabilidade para este aspecto.

No entanto, os limites de escopo desta Dissertação permitiram apenas a discussão mais aprofundada de um dos problemas levantados no pré-diagnóstico (a dificuldade na comunicação entre os dois clusters de trabalho), incluindo a influência das eclosões de perturbações sobre o mesmo.

É importante notar ainda que tanto o pré-diagnóstico quanto o resultado da sistematização dependeram de aportes de conhecimento produzidos durante a etapa de análise global, o que valida uma vez mais a robustez do frame metodológico da AET.

Finalmente, a carência de mentefatos e sociofatos (MÁSCULO; VIDAL, 2011, cap. 20) direcionados à instrumentação e formalização da gestão da variabilidade na companhia transmissora aponta para uma necessidade estratégica de desenvolvimento na Ergonomia de Linhas de Transmissão. Trata-se da oportunidade de formulação de uma plataforma informatizada que integre boas práticas e inovações quanto à gestão da variabilidade em um repositório de dados centralizado e dinâmico, que permita uma

gestão madura do conhecimento em Ergonomia na empresa. A plataforma deve oferecer suporte às ações corporativas de Ergonomia, se coadunando com a visão por processos da Ergonomia na organização.

3 Conclusão

A Revisão Sistemática da Literatura possibilitou um panorama do estado-da-arte das contribuições da Ergonomia & Fatores Humanos aos três grandes grupos de stakeholders presentes na manutenção de linhas de transmissão.

A condução da ação ergonômica, fundamentada pela Análise Global e instrumentada pelo LICTA (na focalização) e pela análise da gestão da variabilidade (na sistematização), mostrou-se bem-sucedida em elencar pontos importantes para melhorias do trabalho na manutenção de linhas de transmissão, considerando-se as contingências de tempo que se apresentavam para a realização de visitas de campo. Mais importante, este estudo exploratório nos permitiu vislumbrar quatro fontes distintas de variabilidade atuantes nas atividades de manutenção a céu aberto, e mais especificamente de linhas de transmissão.

Próximos desenvolvimentos a serem contemplados incluem: (a) tornar mais robusta a categorização proposta das fontes de variabilidades, explorando-as através de depoimentos e modelagens mais profundas de processos de trabalho; e (b) aprofundar a análise da gestão da variabilidade para os outros problemas relatados no pré-diagnóstico.

Ressalta-se aqui que “o que não se mede não se gerencia”. Desta forma, para elevar o paradigma de gestão organizacional por processos, urge que entendamos os mecanismos de eclosão de variabilidade nas situações de trabalho em cena.

4 Referências

AHMED, Y.; ROWLAND, S. M. U.K. Linesmen's Experience of Microshocks on HV Overhead Lines. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 6, n. 8, p. 475–482, 17 jun. 2009.

ALBERT, A.; HALLOWELL, M. R. Safety risk management for electrical transmission and distribution line construction. **Safety Science**, v. 51, n. 1, p. 118–126, jan. 2013.

AYALA, G. et al. **Virtual reality training system for maintenance and operation of high-voltage overhead power lines**. 2016. Scopus.

BERTALANFFY, L. V. **General System Theory: Foundations, Development, Applications**. 9. ed. [s.l.] George Braziller Inc., 1984.

BONFATTI, R. J. et al. **EAMETA: a friendly method for participatory ergonomics**. . In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS (AERGONOMIA & FATORES HUMANOS 2015) AND THE AFFILIATED CONFERENCES. Las Vegas: 2015

BOOTH, W. C.; COLOMB, G. G.; WILLIAMS, J. M. **The craft of research**. 3. ed ed. Chicago: Univ. of Chicago Press, 2008.

CAO, S. et al. **Integration controlling platform research of power grid operation-maintenance based on mobile technology**. . In: CHINA INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, CICED. 2014

DA SILVA, É. R. **Métodos para Revisão e Mapeamento Sistemático da Literatura**. Projeto de Graduação—Rio de Janeiro: Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de, 2009.

FIGUEROA, G. A. et al. **Intelligent Environment for Training of Power Systems Operators**. IEEE, set. 2008. Acesso em: 9 mar. 2016

FIRMINO, P. R. A. et al. **Eliciting engineering judgments in human reliability assessment**. Reliability and Maintainability Symposium, 2006. **Anais...** In: RELIABILITY AND MAINTAINABILITY SYMPOSIUM, 2006. jan. 2006

GALL, B.; PARKHOUSE, W. Changes in physical capacity as a function of age in heavy manual work. **Ergonomics**, v. 47, n. 6, p. 671–687, 2004.

GALVAN, I. et al. **Virtual Reality System For Training Of Operators Of Power Live Lines**. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. **Anais...**2010. Acesso em: 21 set. 2015

GRIJALVA, S. **Integrating Real-Time Operations and Planning using Same-Format Power System Models**. IEEE, jun. 2007. Acesso em: 9 mar. 2016

GUERIN, F. et al. **Compreender o Trabalho para Transformá-lo: A Prática da Ergonomia**. 1. ed. Lyon: Blucher, 2001.

GUIMARÃES, L. B. DE M. et al. Circadian rhythms as a basis for work organization: a study with live line electricians. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 55, n. 1, p. 204–217, 1 fev. 2013.

HAMEYER, K.; MERTENS, R.; BELMANS, R. **Numerical methods to evaluate the electromagnetic fields below overhead transmission lines and their measurement**. Proceedings of the First IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems, 1995. **Anais...** In: FIRST IEEE INTERNATIONAL CARACAS CONFERENCE ON DEVICES, CIRCUITS AND SYSTEMS, 1995. dez. 1995

HANG, L. et al. **Probabilistic safety assessment for power transmission and transformation maintenance project based on fault tree analysis and Bayesian network**. . In: POWERCON 2014 - 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER SYSTEM TECHNOLOGY: TOWARDS GREEN, EFFICIENT AND SMART POWER SYSTEM, PROCEEDINGS. 2014

HATHOUT, I. **Damage assessment and soft reliability evaluation of existing transmission lines**. . In: ELECTRICAL TRANSMISSION IN A NEW AGE. 2004

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

JATOBÁ, A. et al. Designing for patient risk assessment in primary health care: a case study for ergonomic work analysis. **Cognition, Technology & Work**, v. 18, n. 1, p. 215–231, 22 out. 2015.

KAI, H.; HONGRUI, X. **Research on Wireless Network-Based Power Line Inspection**. IEEE, maio 2009. Acesso em: 9 mar. 2016

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

KAVYA, M. et al. **Biological effects of electromagnetic interference of high voltage transmission lines on human body**. . In: 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER SIGNALS CONTROL AND COMPUTATIONS, EPSCICON 2014. 2014

KUBOTA, A. et al. **Real-time monitoring system for a coming-flying crow using MPEG-4**. . In: PROCEEDINGS OF THE IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY TRANSMISSION AND DISTRIBUTION CONFERENCE. 2002

LIND, S. Types and sources of fatal and severe non-fatal accidents in industrial maintenance. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, n. 11–12, p. 927–933, nov. 2008.

MADDAHI, Y. et al. **Live-line maintenance training using robotics technology**. World Haptics Conference (WHC), 2013. **Anais...** In: WORLD HAPTICS CONFERENCE (WHC), 2013. abr. 2013

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. (EDS.). **Ergonomia: Trabalho Adequado e Eficiente**. [s.l.] Elsevier Brasil, 2011.

MENDONÇA, S. DE S. **Análise Ergonômica do Trabalho de Manutenção de Linhas de Transmissão**. Dissertação de Mestrado—Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

MENÊZES, R. DA C. S.; DROGUETT, E. L. Análise da confiabilidade humana via redes Bayesianas: uma aplicação à manutenção de linhas de transmissão. **Production**, v. 17, n. 1, p. 162–185, abr. 2007.

MONROE COLLEGE. Exploratory, Descriptive and Casual Research Designs. In: New York, U.S.A.: Monroe College, 2011. p. 26–41.

MOREIRA, L. R. **Ergonomia de Concepção baseada no Raciocínio Compartilhado**. Dissertação de Mestrado—Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, jul. 2014.

MORIGUCHI, C. S. et al. Postures and Movements in the Most Common Tasks of Power Line Workers. **Industrial Health**, v. 49, n. 4, p. 482–491, 2011.

PÄIVINEN, M. Electricians' perception of work-related risks in cold climate when working on high places. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 36, n. 7, p. 661–670, 2006.

PARKHOUSE, W.; GALL, B. Task frequency as a function of age for the powerline technician trade. **Ergonomics**, v. 47, n. 6, p. 660–670, 2004.

PAVARD, B.; DUGDALE, J. **From representational intelligence to contextual intelligence in the simulation of complex social systems**. CASOS conference. Pittsburg. **Anais...2002** Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Julie_Dugdale/publication/228582727_Social_Systems/links/00463527cdba6110f2000000.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2016

RICART, S. L. S. I.; VIDAL, M. C. R.; BONFATTI, R. J. **Evaluation and control of ergonomics actions in federal public service: the case of FIOCRUZ - RJ**. In: IEA 2012: 18TH WORLD CONGRESS ON ERGONOMIC. 2012

RONCOLATTO, R. A. et al. **Robotics applied to work conditions improvement in power distribution lines maintenance**. In: 2010 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED ROBOTICS FOR THE POWER INDUSTRY, CARPI 2010. 2010

SAURIN, T. A. et al. The design of scenario-based training from the resilience engineering perspective: A study with grid electricians. **Accident Analysis & Prevention**, Systems thinking in workplace safety and health. v. 68, p. 30–41, jul. 2014.

SAURIN, T. A.; CARIM JÚNIOR, G. C. Evaluation and improvement of a method for assessing HSMS from the resilience engineering perspective: A case study of an electricity distributor. **Safety Science**, v. 49, n. 2, p. 355–368, fev. 2011.

SAURIN, T. A.; WACHS, P.; HENRIQSON, É. Identification of non-technical skills from the resilience engineering perspective: A case study of an electricity distributor. **Safety Science**, v. 51, n. 1, p. 37–48, jan. 2013.

SEELEY, P. A.; MARKLIN, R. W. Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. **Applied Ergonomics**, v. 34, n. 5, p. 429–439, 2003.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Edição: 3^a ed. São Paulo (SP): Atlas, 2009.

WANG, Z. et al. **Adaptive type-2 fuzzy maintenance advisor for offshore power systems**. IEEE, out. 2009. Acesso em: 9 mar. 2016

WISNER, A. A antropotecnologia. **Estudos Avançados**, v. 6, n. 16, p. 29–34, dez. 1992.

YANG, F.; KWAN, C. M.; CHANG, C. S. Multiobjective Evolutionary Optimization of Substation Maintenance Using Decision-Varying Markov Model. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 23, n. 3, p. 1328–1335, ago. 2008.

ZHANG, J. et al. Research on development of key technologies for the online monitoring and condition assessment expert system of transmission lines. **Information Technology Journal**, v. 12, n. 17, p. 4192–4195, 2013.

5 Apendice I - Revisão Sistemática da Literatura

5.1 Introdução

Estando o trabalho na manutenção de linhas de transmissão enquadrado como Sistema sociotécnico complexo, julgou-se oportuno realizar uma imersão na literatura para compreender o estado-da-arte deste campo sob a ótica Ergonomia. Desta forma, o objetivo desta seção é realizar uma revisão sistemática da literature para identificar, analisar e interpretar as evidências científicas disponíveis em termos das contribuições da Ergonomia & Fatores Humanos a cada um dos três eixos de aprimoramento do trabalho no campo da manutenção de linhas de transmissão.

O problema de pesquisa foi formulado de acordo com o formato já consolidado estabelecido por BOOTH et al. (2008), sendo dividido em tópico, questão de pesquisa e significância. O tópico de pesquisa nesta revisão da literatura é o trabalho na manutenção de linhas de transmissão. A partir dele, é estabelecida a seguir a questão de pesquisa principal do estudo:

- Como a Ergonomia & Fatores Humanos podem contribuir para o trabalho na manutenção de linhas de transmissão?

De maneira a orientar mais diretamente a pesquisa para os três eixos de aprimoramento do trabalho, a questão de pesquisa primária foi subdividida em três questões de pesquisa secundárias:

- **Questão de Pesquisa I:** Como os aportes da Ergonomia & Fatores Humanos ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão podem contribuir para os objetivos de bem-estar dos eletricitistas?
- **Questão de Pesquisa II:** Como os aportes da Ergonomia & Fatores Humanos ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão podem contribuir para os objetivos de gestão da organização?
- **Questão de Pesquisa III:** Como os aportes da Ergonomia & Fatores Humanos ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão podem contribuir para os objetivos de entrega da sociedade?

A significância conceitual deste estudo reside no entendimento de como a Ergonomia e os Fatores Humanos podem aprimorar o trabalho na manutenção de linhas de transmissão. A significância prática é orientada ao projeto de tecnologias de suporte ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão.

5.2 Método

5.2.1 Termos de Significância

A partir das questões de pesquisa secundárias, extraíram-se termos de significância com o objetivo de nortear as buscas na literatura. Estes termos foram estratificados em três dimensões conceituais - abordagem teórica, sistema de produção e atividade de trabalho. Os termos de significância foram então ramificados em termos correlatos para enriquecer os resultados das buscas. Alguns dos termos correlatos foram adicionados após a realização de testes-piloto das buscas, como será discutido em sequência. A Tabela 5-1 mostra os resultados deste processo.

Tabela 5-1 - Termos de significância a partir das questões de pesquisa

Dimensão Conceitual	Termo de Significância	Termos Correlatos
Abordagem Teórica	Ergonomia & Fatores Humanos	Ergonomia; Fatores Humanos; Resiliência; Teoria da atividade; Curso da Ação; Cognição; Gestão da Variabilidade; Modo Operatório
Sistema de Produção	Linhas de transmissão de energia elétrica	Linha de transmissão; rede de transmissão; torre de transmissão; estrutura de transmissão; instalação de transmissão; transmissão elétrica; transmissão de energia; sistema de transmissão de potência; transmissão em alta voltagem; setor de transmissão; segmento de transmissão
Atividade de Trabalho	Manutenção	Eletricista; trabalho; trabalhador; trabalhando; manutenção; reparo; monitoramento; inspeção; comissionamento; teste

Dada a importância de publicações internacionais para a avaliação do estado-da-arte no tópico de estudo, procedeu-se da seguinte forma:

1. Tradução dos termos correlatos para a língua inglesa;
2. Adição de termos correlatos em inglês sem tradução para o português.

Em seguida, os termos correlatos em inglês e português foram transmutados em termos de pesquisa para compor as *strings* de busca. Visando abranger o maior número de resultados relevantes para as buscas, este processo lançou mão de dois recursos:

- Utilização de palavras truncadas (por meio do caractere *), visando abranger diversos prefixos e sufixos para um mesmo radical, além de formas plurais;
- Utilização do operador de proximidade W/n (onde n é um número natural arbitrado), visando abranger resultados onde expressões similares a um termo de busca são empregadas.

Os termos de busca podem ser visualizados na Tabela 5-1. Os termos tachados foram retirados das *strings* de busca após as buscas-piloto por vincularem muitos resultados não relevantes para esta revisão da literatura.

Tabela 5-2 - Termos de busca em língua portuguesa e inglesa

Termo de Significância	Termos correlatos (Português)	Termos de Busca (Português)	Termos de Busca (Inglês)	Termos correlatos (Inglês)
Ergonomia & Fatores Humanos	Ergonomia	*ergon*	*ergon*	Ergonomics
	Fatores Humanos	fator* W/3 human*	human* W/3 factor*	Human Factors
	Resiliência	resil*	resil*	Resilience
	Teoria da Atividade	teoria* W/3 ativid*	activit* W/3 theor*	Activity Theory
	Curso da Ação	curso* W/3 aç*	cours* W/3 acti*	Course-of-action
	Cognição	*cogni*	*cognit*	Cognition
	Gestão da Variabilidade	gest* W/3 varia*	variab* W/3 manag*	Variability Management
Modo Operatório	mod* W/3 opera*	operat* W/3 mod*	Operation Mode	
Linhas de Transmissão	Linhas de Transmissão	linh* W/3 transmis*	transmis* W/3 line*	Transmission Lines
	Linhas de Transmissão	linh* W/3 transmis*	power* W/3 line*	Power Line
	Rede de Transmissão	rede* W/3 transmis*	transmis* W/3 grid*	Transmission Grid
	Rede de Transmissão	rede* W/3 transmis*	transmis* W/3 network*	Transmission Network
	Torre de Transmissão	torre* W/3 transmis*	transmis* W/3 tower*	Transmission Tower
	Estrutura de Transmissão	estrutur* W/3 transmis*	transmis* W/3 structur*	Transmission Structure
	Instalações de Transmissão	instal* W/3 transmis*	transmis* W/3 facil*	Transmission Facilities
	Transmissão Elétrica	transmis* W/3 eletr*	eletr* W/3 transmis*	Electric* Transmission
	Transmissão de Energia	transmis* W/3 energ*	energ* W/3 transmis*	Energy Transmission
	Sist. de Transm. de Potência	sistem* W/3 transmis* W/3 pot*	power* W/3 transmis*	Power Transmission
Transmissão em Alta Voltagem	transmis* W/3 alt* W/ voltag*	high* W/3 volt* W/3 transmis*	High-Voltage Transmission	
Setor de Transmissão	setor* W/3 transmis*	transmis* W/3 sect*	Transmission Sector	
Segmento de Transmissão	segment* W/3 transmis*			
Manutenção	Eletricista	*electricist*	*electrician*	Electrician
	Trabalho	*trabalho	{work}	Work
	Trabalhador	trabalhador*	worker*	Worker
	Trabalhando	trabalhando	working	Working
	Manutenção	*manuten*	*mainten*	Maintenance
	Manutenção	*manuten*	*upkeep*	Upkeep
	Reparo	repar*	repair*	Repair
	Monitoramento	*monitora*	*monitori*	Monitoring
	Inspeção	*inspe*	*inspect*	Inspection
	Comissionamento	*comission*	*comission*	Comissioning
Teste	*teste*	*test*	Testing	

Apesar de haver analogias claras em termos de atividade de trabalho e carga de trabalho quando comparamos a manutenção de linhas de transmissão com a construção de linhas de transmissão, ou ainda com a construção e manutenção de linhas de

distribuição e subestações elétricas, optamos por não incluir na segunda dimensão conceitual termos de pesquisa referentes a estes sistemas produtivos, pelas seguintes razões:

- A confiabilidade de bases de dados no processamento de *strings* de pesquisa demasiadamente grandes é reduzida;
- Alguns dos termos de pesquisa pertencentes à segunda dimensão conceitual foram propositalmente escolhidos de maneira a englobar ambos os sistemas de produção de transmissão e de distribuição de energia elétrica.

Desta forma, foi analisada a posteriori a aderência dos métodos e soluções desenvolvidos para outros sistemas de trabalho em relação à manutenção de linhas de transmissão.

5.2.2 Escolha de Bases de Dados e Construção das Strings de Pesquisa

O repositórios de publicações selecionados para esta revisão sistemática da literatura foram as bases acadêmicas Scopus, para buscas em inglês, e a Scielo, para buscas em português. Tal decisão baseou-se em dois critérios:

- A reconhecida amplitude das bases quanto à indexação de publicações na área de Engenharias e Ciências Sociais Aplicadas, sendo ambas as bases consideradas dentre as mais representativas nos respectivos idiomas;
- O suporte das bases à condução de buscas por meio de *strings* longas e lógica booleana, bem como o suporte à exportação de referências a softwares de gestão de bibliografia;

Em seguida, foram finalmente estruturadas as *strings* de busca, levando em conta a sintaxe de cada base acadêmica. De maneira a efetivamente orientar o processo às questões de pesquisa, as operações de busca foram limitadas a examinar apenas o título, abstract e palavras-chave das publicações. É importante notar neste momento que a base Scielo não oferece suporte a operadores de proximidade, sendo estes operadores portanto excluídos da sua *string* de busca.

As *strings* de busca são exibidas abaixo:

- **Base Scopus:** TITLE-ABS-KEY((**ergon** OR (*human** W/3 *factor**) OR *resil** OR (*activit** W/3 *theor**) OR (*cours** W/3 *acti**) OR **cognit** OR (*variab** W/3 *manag**) OR (*operat** W/3 *mod**)) AND ((*transmis** W/3 *line**) OR (*power** W/3 *line**) OR (*transmis** W/3 *grid**) OR (*transmis** W/3 *network**) OR (*transmis** W/3 *tower**) OR (*transmis** W/3 *structur**) OR (*transmis** W/3 *facil**) OR (*eletr** W/3 *transmis**) OR (*energ** W/3 *transmis**) OR (*power** W/3 *transmis**) OR (*high** W/3 *volt** W/3 *transmis**) OR (*transmis** W/3 *sect**)) AND (**electrician** OR *worker** OR *working* OR **mainten** OR **upkeep** OR *repair** OR **inspect** OR **comission**));
- **Base Scielo:** (**ergon** OR (*fator** *human**) OR *resil** OR (*teoria** *ativid**) OR (*curso** *aç**) OR **cogni** OR (*gest** *varia**) OR (*mod** *opera**)) AND ((*linh** *transmis**) OR (*rede** *transmis**) OR (*torre** *transmis**) OR (*estrutur** *transmis**) OR (*instal** *transmis**) OR (*transmis** *eletr**) OR (*transmis** *energ**) OR (*sistem** *transmis** *pot**) OR (*transmis** *alt** *voltag**) OR (*setor** *transmis**) OR (*segment** *transmis**)) AND (**eletricist** OR **trabalho* OR *trabalhador** OR *trabalhando* OR **manuten** OR *repar** OR **monitora** OR **inspe** OR **comission**);

5.2.3 Condução de testes-piloto

A realização desta etapa da revisão da literatura, que tem sua importância destacada por pesquisadores deste campo metodológico (DA SILVA, 2009), possibilitou alguns ajustes nos termos, *strings* e mecanismos de busca. Tais direcionamentos são enumerados a seguir:

- Inicialmente, a exemplo de grande parcela das revisões sistemáticas de literature, havia-se decidido focar a pesquisa unicamente em artigos publicados em periódicos científicos nos últimos cinco anos. No entanto, buscas-piloto revelaram aparente de desenvolvimentos na área, o que nos fez ampliar o escopo da pesquisa para também artigos em anais de conferências, livros, capítulos, teses e dissertações publicados nos últimos 20 anos (1996-2016);

- Alguns termos de busca foram excluídos das *strings* de pesquisa por resultarem em alto volume de trabalhos não-relevantes para as questões de pesquisa;
- Novos termos correlatos às expressões de significância, anteriormente não considerados, foram transmutados em termos de busca e incorporados às *strings*.

Desta forma, acreditamos que a condução de testes-piloto trouxe contribuições valorosas à relevância e qualidade dos resultados obtidos.

5.2.4 Critérios de Seleção e Etapas de Filtragem

Após o ajuste das *strings* de busca e a coleta de resultados, partiu-se para a filtragem dos resultados. Antes, porém, adicionamos aos resultados das buscas alguns estudos minerados ao longo de mapeamentos não-sistemáticos anteriores.

Todo o conjunto de trabalhos obtidos foi então submetido à filtragem primeiramente por título, em seguida por abstract e por último por texto completo.

A filtragem dos resultados nestas três etapas de iteração levou em conta os critérios de seleção mostrados na Tabela 5-3.

Tabela 5-3 - Critérios de Filtragem de Resultados

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Estudos que relacionem a aplicação de métodos e técnicas da Ergonomia & Fatores Humanos a melhorias na segurança, salubridade e conforto para os eletricitistas	Estudos que não endereçam nenhuma das questões de pesquisa
Estudos que relacionem a aplicação de métodos e técnicas da Ergonomia & Fatores Humanos a melhorias em qualidade, confiabilidade, velocidade, flexibilidade ou custos para a companhia transmissora	Estudos com foco na operação remota de linhas de transmissão e distribuição por Centros de Controle
Estudos que relacionem a aplicação de métodos e técnicas da Ergonomia & Fatores Humanos à maximização da disponibilidade das linhas de transmissão à sociedade ou à minimização de custos com transmissão de energia	Revisões da Literatura

Estudos enfocando a construção de linhas de transmissão ou ainda a construção ou manutenção de linhas de distribuição e subestações elétricas foram considerados para

extração de dados após serem filtrados por texto completo caso se verificasse que seus resultados e propostas possuíam aderência à manutenção de linhas de transmissão.

5.2.5 *Estabelecimento de Classes de Pertinência*

Findo o algoritmo de filtragem segundo os critérios já explicitados, os trabalhos selecionados para extração de dados foram categorizados nas classes exibidas na Tabela 5-4.

Tabela 5-4 - Classes de fichamento dos resultados da revisão da literatura

Classe	Descrição
Condução de Análise Ergonômica do Trabalho (AET)	Condução de análise do trabalho na manutenção de linhas de transmissão a partir da quadro teórico da análise ergonômica do trabalho francófona
Condução de Análise de Confiabilidade Humana (ACH)	Condução de análise do trabalho na manutenção de linhas de transmissão a partir da aplicação de protocolos de confiabilidade oriundos do campo de Fatores Humanos, notadamente técnicas de Análise de Confiabilidade Humana
Estudo de Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) em eletricitas e equipes de manutenção de linhas	Avaliação da carga de trabalho atuante sobre os eletricitas de linhas, incluindo efeitos biomecânicos (posturas forçadas e esforços estáticos), fisiológico (indução eletromagnética, causando microchoques e efeitos de ação prolongada) e cognitivos (stress e atenção)
Sistemas e Metodologias de suporte à manutenção de linhas	Elaboração de sistemas ou frames metodológicos que apoiem direta ou indiretamente a manutenção de linhas de transmissão, incluindo sistemas de gestão de SSO e riscos cupacionais, sistemas de auxílio à inspeção de linhas, sequenciadores de atividades de manutenção de linhas de transmissão entre outros
Treinamento de eletricitas e equipes de manutenção de linhas	Formulação e aplicação de sistemas que permitam o treinamento de habilidades de trabalho para eletricitas e equipes de manutenção de linhas de transmissão, incluindo realidade aumentada

Finalmente, os estudos no âmbito de cada classe foram analisados. O volume de trabalho com dados extraídos pode ser visto na Tabela 5-5.

Tabela 5-5 - Resultados da Revisão Sistemática da Literatura

Resultados da operação de busca na base Scopus	816
Resultados da operação de busca na base Scielo	58
Trabalhos selecionados de mapeamentos anteriores	16
Total de trabalhos a filtrar	890
Filtrados por título	220
Filtrados por abstract	73
Filtrados por texto completo	23

Na próxima seção é conduzida a análise destes resultados, e posteriormente é apresentada uma discussão sobre os mesmos.

5.3 Resultados

Nesta seção, os estudos selecionados para extração de dados pelo algoritmo de revisão da literatura são analisados quanto às suas contribuições para os três eixos de aprimoramento do trabalho: operadores, organização e sociedade. Desta forma, segue-se o mapeamento do estado-da-arte da abordagem da Ergonomia & Fatores Humanos à manutenção de linhas de transmissão.

5.3.1 Condução de Análise Ergonômica do Trabalho (AET)

Mendonça (2004) realizou uma AET com equipes de manutenção de linhas de transmissão buscando entender a carga de trabalho atuante sobre os eletricitistas em linhas de transmissão com tensão acima de 230kV, atendendo à Questão de Pesquisa I, especialmente os quesitos segurança e salubridade, e em menor grau à Questão de Pesquisa II, através dos atributos velocidade e custo, concretizados pelo conceito da produtividade. A partir da utilização de um frame metodológico à luz da Teoria Geral dos Sistemas que envolveu questionários, entrevistas e observações, os resultados da pesquisa evidenciaram os grupos músculo-ligamentares mais exigidos na manutenção de linhas de transmissão e confirmaram o risco de DORT nas atividades observadas. Adicionalmente, foram observados outros problemas advindos no ambiente físico e aspectos relativos à organização do trabalho, como o encobertamento do absentéismo pelas próprias pausas inerentes à natureza da atividade (ex: cancelamento de atividades devido às condições climáticas). Mendonça propôs ainda recomendações de cunho

ergonômico-organizacional para mitigar esses riscos, como pausas no trabalho e revezamentos de funções.

O estudo de Seeley e Marklin (2003) também endereçou a Questão de Pesquisa I por meio de uma AET com enfoque de atividades de manutenção de linhas de transmissão consideradas de alto risco para o surgimento de DORT, porém incluiu também a concepção artefatos como propostas de melhorias e um business case discutindo a implementação destas melhorias. Desta forma, o atributo Custo da Questão de Pesquisa II também foi atendido. Um dos resultados da primeira etapa do estudo foi um mapeamento da incidência de DORT por parte do corpo e por duração do afastamento com 370 eletricitas. A concepção de propostas de mitigação dos riscos biomecânicos se deu com base nas atividades consideradas mais críticas para o desenvolvimento de DORT, e o business case que se seguiu culminou na adoção das melhorias pela companhia transmissora. O case verificou que os custos de implementação dos artefatos eram superados pelos custos de oportunidade enfrentados pela empresa, que se dividiam nos diversos custos empreendidos no afastamento de eletricitas, somados aos custos de contratação e treinamento de pessoal.

A Análise Ergonômica do Trabalho vem também sendo o foco de trabalhos mais recentes (GUIMARÃES et al., 2013; RONCOLATTO et al., 2010). Roncolatto et al. realizaram um mapeamento das atividades de trabalho com foco nas que ofereciam maiores riscos potenciais para os eletricitas. Os processos considerados neste âmbito foram os com uso de escadas de madeira ou de fibra de vidro, além da supressão de vegetação envolvendo serras hidráulicas. A partir desta constatação, houve o desenvolvimento de quatro artefatos com sistemas de robótica para mitigar os riscos laborais. Segundo os autores, o objetivo não foi a redução do número de eletricitas, mas a aplicação de automação limitada para promover a melhoria da segurança no trabalho e aumentar, se possível, a produtividade. Assim, as Questões de Pesquisa I e II (esta última quanto aos objetivos de gestão Velocidade e Custo) foram satisfatoriamente endereçadas.

Outros desenvolvimentos em ergonomia em uma escala mais ampla, com foco no sistema de trabalho em si, foram realizados por Guimarães et al. (2013). Os autores conduziram uma AET que incluiu o mapeamento ergonômico de diversas atividades de manutenção de linhas de distribuição. Após o mapeamento, Guimarães et al.

propuseram uma reprogramação das atividades de manutenção de linhas ao longo da jornada de trabalho semanal, de forma a buscar a melhoria diversos indicadores de carga de trabalho de eletricitas, como o ritmo circadiano, processos homeostáticos e níveis de atenção e estresse no trabalho. Esta reconcepção da organização do trabalho levou o nome “Semana Ergonômica”, foi testada com a equipe de manutenção de linha energizada, com a carga de trabalho associada sendo comparada com uma semana comum de trabalho, à luz dos indicadores citados. De acordo com Guimarães et al., os resultados do teste acusaram melhora expressiva nos indicadores, além de verbalizações dos eletricitas a respeito da melhora do bem-estar no trabalho. Em paralelo, os autores afirmam que a aderência do trabalho real à programação, em termos de horas, aumentou 51% para 92%, representando melhorias na confiabilidade do serviço. Desta forma, os resultados obtidos ao encontro das três questões de pesquisa propostas.

5.3.2 *Condução de Análise de Confiabilidade Humana*

Os três trabalhos incluídos nesta classe, três propuseram novos métodos de análise de erros humanos a partir da combinação da abordagem clássica da ACH com Redes Bayesianas. No método desenvolvido pelo estudo mais recente, Hang et al.(2014) combinam as Redes Bayesianas com a Árvore de Eventos / Falhas para uma análise ampla de potenciais incidentes. O método é aplicado para analisar as atividades manutenção de uma subestação diretamente a avaliação de riscos na manutenção de linhas de transmissão à estabilidade da smart grid e de sua função de transmissão, endereçando assim a Questão de Pesquisa III. Hang e seus colegas calcularam índices de segurança para manutenção de transformadores, baseados na avaliação de quatro experts quanto à probabilidade de ocorrência dos eventos situados na base da árvore de falhas. A aplicação do método desenvolvido na manutenção de subestações do sistema de transmissão responde também à Questão de Pesquisa II (quanto ao atributo qualidade) e à Questão de Pesquisa I (quanto ao objetivo de bem-estar segurança), apontando ações críticas e medidas de segurança para redução da ocorrência de choques elétricos durante a manutenção de transformadores, como a inspeção de EPIs.

O segundo estudo deste grupo, de Menêzes e Droguett (2007), formulou um modelo qualiquantitativo de ACH e o aplicou diretamente à manutenção de linhas de transmissão. A utilização de Redes Bayesianas neste estudo exploratório é justificada pelas limitações que os autores reconhecem de ferramentas de ACH de 1ª e 2ª gerações

– como o Cognitive Environment Simulator (CES) e o Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM) – quanto à suposições irreais de independência e representação binária de eventos. As etapas metodológicas empregadas por Menêzes e Droguett consistiram na identificação dos prováveis erros humanos, identificação dos fatores de desempenho correspondentes e construção de uma rede bayesiana relacionando estas variáveis para cada indivíduo, considerando sua função no sistema. A representação gerada da dinâmica das ações humanas na manutenção de linhas de transmissão, e o mapeamento dos mecanismos de causa e efeito dos erros humanos atendem ao atributo segurança da Questão de Pesquisa I e o objetivo de gestão qualidade no âmbito da Questão de Pesquisa II, pois tal mapeamento gera insumos para o projeto de ferramentas para combater esses ciclos.

Considerando o grande volume de trabalho de campo associado à aplicação de métodos clássicos de ACH, Firmino et al. (2006) introduzem o arcabouço das Redes Bayesianas em seu método no sentido de reduzir a dimensão de recursos de tempo (e consequentemente financeiros) dispendida na quantificação da confiabilidade humana através da proposta de redução do tamanho de questionários aplicados a experts. A contribuição das Redes Bayesianas para esta redução se faz pela maior robustez do modelo de causalidade de falhas e pela aplicação de probabilidades condicionadas. A minimização do esforço de pesquisa pela aplicação do método é então estimada com base em um caso real de condução de análise de confiabilidade humana na manutenção de linhas de transmissão. A contribuição deste estudo às Questões de Pesquisa I e II é indireta: ao tornar análises deste tipo mais exequíveis em termos de recursos dispendidos, há chances de multiplicação de estudos correlatos no segmento de transmissão, o que potencialmente viria a alavancar a redução de falhas nos processos, elevando os patamares de segurança dos eletricitistas e de qualidade nos serviços de manutenção.

5.3.3 Estudo de Saúde e Segurança Ocupacional em eletricitistas e equipes de manutenção de linhas

Os artigos enquadrados nesta classe responderam principalmente à Questão de Pesquisa I, com maior foco nos objetivos de bem-estar segurança e salubridade. Apesar disso, pode-se dizer que eles indiretamente respondem ao atributo Confiabilidade da Questão de Pesquisa II, uma vez que a elevação da segurança e da salubridade nas

operações de manutenção leva inequivocamente à maior disponibilidade de recursos humanos para tais atividades.

Referente à Questão de Pesquisa I, Kavya et al. (2014) desenvolve um modelo de exposição do corpo humano aos campos magnéticos provocados por linhas de transmissão, a partir de estudos anteriores, como o de (HAMEYER; MERTENS; BELMANS, 1995), que formulou um quadro de valores limite recomendados de intensidade do campo magnético de linhas de transmissão atuando sobre trabalhadores, por tempo de exposição. Kavya et al. pesquisaram tanto os efeitos fisiológicos do campo eletromagnético no corpo dos eletricitas, como também o efeito da ionização e descargas elétricas associadas (microchoques). Os autores respondem à Questão de Pesquisa I em sua conclusão, afirmando que: (a) o campo eletromagnético exerce influência adversa sobre os trabalhadores de linhas de transmissão; e (b) para avaliar se é possível realizar atividades de manutenção em contato com linhas energizadas, é necessário não apenas caracterizar os valores limites da intensidade do campo magnético nas vizinhanças da linha - é preciso também avaliar a ação de correntes elétricas induzidas no corpo humano. Segundo os autores, a organização do trabalho de reparo em linhas de transmissão deve ser modificada à luz de pesquisas futuras.

Os efeitos indutivos sobre o corpo humano - em especial os microchoques durante a jornada de trabalho - foram pesquisados por Ahmed e Rowland (2009). No estudo, eletricitas correlacionaram a ocorrência de microchoques com o tipo de torre escalada, clima, processo de trabalho, entre outras variáveis. Torres de transmissão com cadeias de isoladores por ancoragem foram fortemente associadas à maior frequência e intensidade de microchoques. Nestas torres, a influência do vento sobre os cabos altera a distância dos mesmos aos eletricitas, gerando indução potencial de 2,2 a 2,5kV no corpo de eletricitas, ocasionando fortes microchoques. Além disso, 70% dos operadores entrevistados associaram os microchoques a processos de trabalho específicos. Os autores chamam ainda atenção para as diferenças entre o ferramental de manutenção em linhas de distribuição e linhas de transmissão, como a ausência de botas condutivas nas atividades de manutenção de linhas de transmissão. O estudo aborda as Questões de Pesquisa I e II, pois ao mesmo tempo em que os microchoques são desconfortáveis e por vezes até doloridos para os eletricitas, o fato de que neste último

caso a operação pode precisar vir a ser cancelada joga luz sobre a necessidade de planejar a manutenção com mais folga em certas situações de trabalho.

Os estudos de Gall e Parkhouse (2004; 2004) mostraram que eletricitas mais velhos possuem maior dificuldade de manter a performance dos mais novos em atividades de cunho aeróbico. No entanto, também mostraram que, uma vez em campo, as equipes de manutenção naturalmente se organizam de forma que os operadores mais novos passem mais tempo no alto das torres, enquanto que os mais velhos permanecem no solo e assumem papéis de supervisão e até de treinamento. Desta forma, estes trabalhos também endereçam a Questão de Pesquisa II (quanto ao objetivo de gestão qualidade), pois indicam à gestão quais processos de trabalho são prioritários para reconcepção, de forma que os trabalhadores mais velhos possam continuar exercendo as funções no solo e supervisionando a operação.

Os riscos laborais em conjuntura específica de inverno foram abordados por Päivinen (2006). Os autores verificaram que nestas condições, os trabalhos manuais ficam prejudicados e há maiores riscos de queda de ferramentas e equipamentos, bem como acidentes associados a este fator. Isso ocorre porque muitas ferramentas não possuem pegas termoisolantes, o que as torna mais difíceis de manusear. O estudo conclui com recomendações e melhorias da instrumentação de trabalho para se adequar a estas situações.

O contexto mais propriamente biomecânico do trabalho na manutenção de linhas de transmissão foi discutido no trabalho de Moriguchi et al. (2011), por meio de avaliações objetivas utilizando inclinômetros, endereçando a Questão de Pesquisa I, com ênfase nos atributos Salubridade e Conforto. Os autores verificaram que parte significativa das atividades implicava na combinação múltiplos desvios posturais, elevando a carga de trabalho, como por exemplo a extensão simultânea dos membros superiores e da cabeça. Em todos os processos de trabalho observados, verificou-se a ocorrência de posturas forçadas. A conclusão do estudo alerta para a necessidade de reprojeto do trabalho de forma prevenir ou minimizar a ocorrência de DORT.

5.3.4 Sistemas e Metodologias de suporte à manutenção de linhas

Visando aprimorar os processos de inspeção de ativos de transmissão de energia, Hathout (2004) desenvolveu um método para integrar a Lógica Fuzzy à avaliação das

equipes de linhas quanto o estado de corrosão de componentes. No seu modelo, o estado de deterioração da estrutura ou linha se torna uma função fuzzy que ajuda a prever de forma mais realística, segundo o autor, a probabilidade de falhas no componente em questão. O método, cuja aplicação é realizada na condução de atividades reais de inspeção, facilita a decisão de priorização de trechos e componentes de linhas de transmissão para a manutenção, atendendo portanto aos objetivos de gestão Qualidade, Flexibilidade de Entrega e Velocidade da Questão de Pesquisa II.

O Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional de uma empresa distribuidora de energia é objeto do estudo de Saurin e Carim Júnior (2011), que endereça os atributos homônimos da Questão de Pesquisa I. No trabalho, os pesquisadores realizam o aprimoramento de um método (MAHS) para avaliação deste tipo de sistema, tendo como paradigma a Engenharia de Resiliência indo de encontro aos requisitos Confiabilidade e Flexibilidade de Composto da Questão de Pesquisa II. O principal resultado apresentado é um framework para avaliação de fontes de resiliência e rigidez organizacional. Uma vez que a Engenharia de Resiliência preconiza o aprendizado a partir do trabalho real e não da prescrição, o valor do MAHS torna-se justamente a capacidade de evidenciar processos informais que não seriam levados em conta em auditorias tradicionais de um Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Operacional.

Já o trabalho de Kubota et al. (2002), após analisar atividades de inspeção visual pelas equipes de manutenção, elaborou um sistema de monitoramento em tempo real da presença de corvos com potencial de nidificação em linhas de transmissão. Sabemos que a presença de ninhos de aves (no caso brasileiro, a curicaca, entre outras espécies) em estruturas de transmissão está diretamente relacionada ao aterramento acidental das linhas (por meio de curto-circuito entre os cabos e a estrutura metálica das torres, provocado pela vegetação utilizada na construção dos ninhos) e conseqüentemente interrupção da transmissão. Desta forma, o estudo de Kubota e seus colegas responde diretamente à Questão de Pesquisa III. A motivação para elaboração o enfoque nesta solução se deu pela constatação de que as equipes de manutenção precisavam inspecionar diariamente certos trechos das linhas para garantir que corvos não estivessem em processo de nidificação ali. Assim sendo, o estudo do trabalho possibilitou perceber a necessidade da implementação de um mecanismo de

monitoramento, afim de melhorar a eficiência da manutenção, e endereçando portanto os atributos Velocidade e Custo da Questão de Pesquisa II.

A inspeção de linhas de transmissão também foi objeto de estudo de Kai e Hongrui (2009). A análise do trabalho de inspeção levou os pesquisadores a concluir que havia dificuldade na avaliação puramente visual de certos aspectos de conservação das linhas de transmissão (temperatura dos cabos, estado dos isoladores e da fundação das torres), além de dificuldades quanto ao funcionamento de dispositivos de localização de falhas por GPS em campo e a não padronização de formato dos resultados das inspeções. Esse cenário motivou Kai e Hongrui a proporem um novo sistema integrado por wi-fi para inspeção de linhas de transmissão. Esse sistema seria composto de sensores nas torres, dispositivos móveis (tablets) para as equipes de inspeção e um sistema de gestão de ativos organizacional centralizado. Os eletricitistas em campo receberiam pelos tablets as informações provenientes dos sensores e a partir daí as equipes fariam a análise dos dados recebidos e os enviariam em formato padronizado para o sistema de gestão de ativos. Desta forma, o objetivo de gestão Qualidade pode ser aprimorado, respondendo assim a Questão de Pesquisa II.

Albert e Hallowell (2013) elaboraram um sistema de suporte à tomada de decisão de implementação de práticas de prevenção de riscos laborais em manutenção de linhas de transmissão e construção de linhas de transmissão. O sistema se baseia na quantificação de riscos de acidentes e lesões por meio de um painel de experts, bem como o potencial de diminuição destes riscos pela adoção de técnicas de segurança. Além disso, leva em conta também os custos de adoção de tais medidas. Assim, o sistema busca fazer uma análise de custo-benefício da implementação de projetos em segurança, comparando a efetividade da adoção das práticas quanto à redução de riscos com o custo desta adoção. Ao realizar o mapeamento e avaliação das técnicas utilizadas na indústria de manutenção de linhas de transmissão e construção de linhas de transmissão para redução do risco de acidentes, trabalho de Albert e Hallowell vai de encontro ao objetivo de bem-estar Segurança incluído na Questão de Pesquisa I. Simultaneamente, a Questão de Pesquisa II também é atendida nos atributos Custo e Confiabilidade, pois o estudo fornece à alta gestão das companhias transmissoras uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão para priorização de projetos e melhorias na área de SSO.

5.3.5 Treinamento de eletricitistas e equipes de manutenção de linhas

A literatura aponta a manutenção em linhas de transmissão aéreas, ao envolver trabalho em altura, exige maior qualificação do efetivo de eletricitistas quando comparada aos trabalhos em linhas subterrâneas (AYALA et al., 2016).

O treinamento de equipes de manutenção de linhas com base na Engenharia de Resiliência foi focado pelo mesmo grupo de pesquisa em dois trabalhos recentes (SAURIN et al., 2014; SAURIN; WACHS; HENRIQSON, 2013). O estudo de 2013 elabora um método para suporte ao treinamento de trabalhadores em habilidades não-técnicas, definidas no trabalho como aquelas necessárias ao ajuste do trabalho diante de situações não cobertas pelo projeto formal do sistema sociotécnico. O método, que busca eliciar estas atividades no contexto do trabalho real, foi aplicado à manutenção de linhas de distribuição, e particularmente às ocorrências de manutenção de emergência. Segundo os autores, a relevância do estudo reside no fato de que treinamentos tradicionais em habilidades não-técnicas usualmente não discutem o projeto do sistema de trabalho, focando apenas nos trabalhadores como unidade de análise. Após a aplicação do método na manutenção de linhas de distribuição, os pesquisadores identificam os contrantes presentes no trabalho dos eletricitistas e verificam a necessidade de utilização de habilidades não-técnicas no sentido de operacionalizar as regulações. Desta forma, os atributos Qualidade, Confiabilidade e Flexibilidade de Composto da Questão de Pesquisa II são atendidos.

Já o trabalho de Saurin et al. (2014) estabelece um frame de treinamento propriamente dito, direcionado ao desenvolvimento de habilidades de resiliência. A proposta é um treinamento, também é aplicado à manutenção de linhas de distribuição, comportando a identificação de regulações e o projeto e implementação de cenários-modelo e protocolo de simulação. O frame de treinamento levou em conta situações imprevistas anteriores ao momento da atividade (ex: curto-circuito de linhas após tempestade) e concomitantes ao mesmo (falha em instrumento de trabalho). O trabalho endereça assim, no âmbito da Questão de Pesquisa I, o objetivo de bem-estar Segurança, além dos objetivos de gestão Confiabilidade, Flexibilidade de Serviço e Flexibilidade de Composto, no âmbito da Questão de Pesquisa II. Os pesquisadores pontuam ainda que o treinamento baseado em cenários estimula o afloramento de emergências a partir do trade-off ente segurança e produtividade, bem como de estratégias para geri-los.

O treinamento de equipes na manutenção em linha viva com base em um sistema de realidade virtual não-imersiva é objeto de estudo de dois trabalhos de outro grupo de pesquisa (AYALA et al., 2016; GALVAN et al., 2010). O trabalho de 2010 alerta para a urgência de formulação de treinamentos em operações em linha viva, uma vez que a necessidade de ininterrupta transmissão vem estimulando a realização de maior número de atividades de manutenção em linha viva, o que vem elevando os índices de acidentes por descargas elétricas, muitas vezes letais. O sistema desenvolvido por Galvan e colegas possui módulos referentes a 20 manobras em linha viva com animações em 3D e obteve aceitação na indústria, sendo aplicado no treinamento de “milhares de eletricitistas” no México. Além do aprimoramento da segurança para os eletricitistas, os autores apontam os benefícios de redução de custos na proposta de sistema apresentada, respondendo às Questões de Pesquisa I e II nos atributos Segurança, Qualidade e Custo, respectivamente.

O estudo realizado por Ayala et al. (2016) relata aprimoramentos sobre o mesmo sistema, incluindo o aumento do número de módulos de manobras em linha viva e o desenvolvimento de interface com um sistema de data warehouse organizacional. Os pesquisadores avaliam que a implementação do sistema proposto minimizam custos de transporte e de diárias acoplados a programas tradicionais de treinamento, os quais requerem que os trabalhadores interrompam o cumprimento do plano de manutenção e se desloquem para centros de treinamento por vezes muito distantes de suas bases de alocação. Desta forma, a Questão de Pesquisa II é respondida quanto aos atributos Flexibilidade de Entrega e Custo, ao passo que Questão de Pesquisa I é respondida quanto ao atributo Conforto. Outros benefícios da adoção do sistema de treinamento em realidade virtual incluem, segundo os autores:

- A possibilidade fácil adaptação do treinamento a diversos níveis de habilidades da força de trabalho participante (endereçando a Questão de Pesquisa II quanto ao objetivo de gestão Flexibilidade de Serviço);
- A tendência à padronização de procedimentos de treinamento de equipes de manutenção por todas as companhias transmissoras com operações nacionais (endereçando a Questão de Pesquisa I no quesito Segurança e a Questão de Pesquisa II no quesito Qualidade);

Adicionalmente, verifica-se que a proposta de Ayala e seus colegas possui também vantagem de se adequar a variações do efetivo indicado ao treinamento, atendendo assim ao objetivo de gestão Flexibilidade de Volume, presente na Questão de Pesquisa II.

Uma outra abordagem ao treinamento em operações em linha viva, porém mais específica, é adotada por Maddahi et al. (2013). Os pesquisadores desenvolveram uma plataforma teleoperada com interface háptica que permite a realização remota da substituição de isoladores em linha viva e, concomitantemente, desenvolveram também um método de treinamento no uso de artefatos de suporte à manutenção de linhas de transmissão com elementos robotizados. Endereçando o atributo Flexibilidade de Serviço da Questão de Pesquisa II, O treinamento é orientado a eletricitistas novatos e experientes e é baseado na atividade real dos operadores, anterior à aplicação da solução apresentada. Do treinamento são extraídos insumos para aprimoramento do artefato desenvolvido e sua aderência ao trabalho real e à segurança processo de trabalho, atendendo ao objetivo de bem-estar e ao objetivo de gestão Qualidade, presentes nas Questões de Pesquisa I e II. Uma vez que o treinamento na utilização de artefatos teleoperados minimiza a exposição dos eletricitistas a diversos fatores de carga de trabalho (como intempéries, risco de arco elétrico, risco de queda e ocorrência de microchoques devido à indução eletromagnética), os atributos Salubridade e Conforto da Questão de Pesquisa I também são atendidos. Maddahi e seus colegas declaram que a aplicação da solução desenvolvida, após o término do treinamento, gerou uma percepção de diminuição de 90% na carga de trabalho física.

5.4 Discussão

A condução desta Revisão da Literatura possibilitou vislumbrar um panorama do estado da arte das contribuições da Ergonomia & Fatores Humanos ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão. Estas contribuições se distribuíram pelos três grandes grupos de stakeholders da manutenção de linhas de transmissão: Operadores, Organização e Sociedade. Na realidade, não apenas as três questões de pesquisa foram respondidas, como todos os objetivos de bem-estar e de gestão foram endereçados diretamente, com exceção de um: o objetivo de entrega Minimização do Custo da Energia Elétrica. No entanto, se admitirmos por hipótese um cenário regulatório robusto no Setor Elétrico Brasileiro, podemos supor que progressos contemplados pelo objetivo

de gestão Custo das companhias transmissoras sejam eventualmente repassados (ainda que de forma parcial) à sociedade.

O volume final de trabalhos selecionados para análise pela Revisão Sistemática da Literatura correspondeu apenas a 1,5% dos artigos encontrados a partir das *strings* de busca. Mesmo quando adicionamos a este corpo de artigos os trabalhos coletados anteriormente, durante o mapeamento não-sistemático, o total de estudos não chega a 3% do número de resultados das *strings* de busca. Este cenário sugere que os três eixos de objetivos apresentados nas questões de pesquisa carecem de maiores contribuições do aporte da Ergonomia & Fatores Humanos ao trabalho na manutenção de linhas de transmissão. De fato, desde a década passada a própria literatura aponta escassez de pesquisas quanto à organização do trabalho e as demandas das atividades de manutenção de linhas de transmissão (GUIMARÃES et al., 2013; MENDONÇA, 2004). Grande parte dos desenvolvimentos apresentados na Seção de Resultados indicam que a Ergonomia & Fatores Humanos pode e deve contribuir para os avanços nas cinco classes de pertinência sob as quais esta Revisão Sistemática da Literatura foi conduzida .

Naturalmente, tal estratificação dos artigos em classes não impediu que alguns ocupassem posição de confluência de duas ou mais destas categorias. Nestes casos de superposição, buscou-se enquadrar o trabalho à categoria para a qual apresentou maiores contribuições. Por exemplo houvesse certa superposição entre elas. Por exemplo, o sistema de apoio à tomada de decisão desenvolvido por Albert e Hallowell (2013) levou em conta a quantificação de riscos referentes a questões eminentemente de saúde e segurança ocupacional de eletricitistas; no entanto, sua contribuição para o projeto de sistemas de suporte à manutenção de linhas foi considerada de maior relevância.

É importante notar que a percepção de escassez de trabalhos na área pode ser parcialmente fruto dos critérios de seleção adotados nesta Revisão da Literatura. Apesar do processo de filtragem ter levado em conta a maior variação possível de tipos de veículos de publicação (periódicos científicos, congressos e capítulos de livros) e da abrangência das bases de dados Scopus (para língua inglesa) e Scielo (para língua portuguesa), a pesquisa se limitou a estes dois repositórios. Além disso, apenas trabalhos escritos em língua inglesa ou portuguesa foram considerados. Outro critério

que deve ser ressaltado é a formação das próprias *strings* de busca. Por mais que a adição dos termos de pesquisa tenha sido criteriosa e que buscas piloto tenham sido realizadas, estudos relevantes podem ter ficado de fora dos resultados apresentados.

Dos 42 artigos descartados após serem submetidos à filtragem por texto completo, figuraram estudos que estudavam o trabalho de operadores de sistemas de potência em centros de controle (AYALA et al., 2016; FIGUEROA et al., 2008; GALVAN et al., 2010; GRIJALVA, 2007). Outros trabalhos potencialmente interessantes, mas descartados nesta etapa por não enfocarem o fator humano na manutenção de linhas de transmissão, incluíram propostas de sistemas de monitoramento de ativos de transmissão ou sequenciamento de atividades de manutenção por meio do cálculo de confiabilidade de linhas de transmissão ou SEs (CAO et al., 2014; WANG et al., 2009; YANG; KWAN; CHANG, 2008; ZHANG et al., 2013).

Em uma análise a posteriori desta Revisão da Literatura, verifica-se que os aportes da Ergonomia & Fatores Humanos ao trabalho na manutenção de linhas de transmissões foram pouco numerosos, mas de grande valor agregado. Nota-se também que abordagens, metodologias e até mesmo resultados de estudos com enfoque na manutenção de linhas de distribuição mostraram-se pertinentes para entender e transformar processos, sistemas, e boas práticas na organização do trabalho da manutenção de linhas de transmissão. Dessa forma, podemos supor que mais resultados relevantes poderiam ter sido obtidos caso as *strings* de busca houvessem abarcado também termos de pesquisa que remetessem à manutenção de linhas de distribuição.

6 Apêndice II – Proposta de Ferramenta de Suporte à Ação Ergonômica na Manutenção de Linhas de Transmissão

6.1 Introdução & Fundamentos

Este trabalho tem como objetivo elencar, por meio da ação ergonômica, um pré-diagnóstico contendo as principais dificuldades encontradas nas atividades de manutenção de linhas de transmissão em uma companhia transmissora de grande porte, dificuldades estas engendradas pelo projeto dos dispositivos e da organização do trabalho. Para tal, é proposto e aplicado um novo instrumento de avaliação pertencente à categoria das ferramentas de focalização.

Este instrumento de análise ergonômica (LICTA) busca fazer um screening da situação de trabalho, objeto fundamental de transformação da Ergonomia (GUERIN et al., 2001), bem como evidenciar as variações no processo de trabalho que emergem na diferença entre prescrição e trabalho real, em uma perspectiva eminentemente antropotecnológica (WISNER, 1992). São relatados os resultados desta abordagem na avaliação do trabalho na manutenção de linhas de transmissão por eletricitistas de uma companhia transmissora de grande porte, culminando na elaboração de uma lista de problemas. Finalmente, é proposta uma sistematização das fontes de variabilidade que permeiam os modos operatórios dos eletricitistas

6.2 Formulação & Aplicação do Instrumento

A progressão do esforço de pesquisa nas frentes bibliográfica e de campo, durante a etapa de Análise Global da ação ergonômica, colocou o grupo de pesquisa frente a dois contingenciamentos. Por um lado, a escassez da literatura de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) aplicada à manutenção de linhas de transmissão. Por outro, a restrição de tempo necessária para o estudo do trabalho vivo propriamente dito, dada a protocolarização do setor elétrico e o efetivo enxuto para manutenção de linhas. Esta conjuntura posicionou invariavelmente o presente estudo como de cunho exploratório, ou seja, com ênfase na agregação de ideias e insights (MONROE COLLEGE, 2011), e tornou necessária a aplicação de um recurso metodológico capaz de prover uma lista de problemas levando em conta tais limitações.

O instrumento EAMETA (BONFATTI et al., 2015) pareceu ser uma escolha prudente para conduzir tal ação ergonômica, uma vez que garante um caráter participativo ao estudo, possibilita um screening da situação de trabalho e insights na confrontação entre tarefa e atividade. Trata-se de um instrumento amplamente utilizado em estudos de Ergonomia (JATOBÁ et al., 2015; MOREIRA, 2014; RICART; VIDAL; BONFATTI, 2012).

No entanto, para aplicação do EAMETA na manutenção de linhas de transmissão, tornava-se necessário adaptar seus elementos para o trabalho a céu aberto. Um esforço nesse sentido, possível após a expertise obtida na etapa de Análise Global, originou o instrumento LICTA, esquematizado na Figura 6-1. Pode-se notar que, enquanto as categorias abrangem um escopo mais amplo, procurando atender a diversas naturezas de trabalho a céu aberto, os atributos são referentes especificamente à realidade percebida no segmento de transmissão de energia.

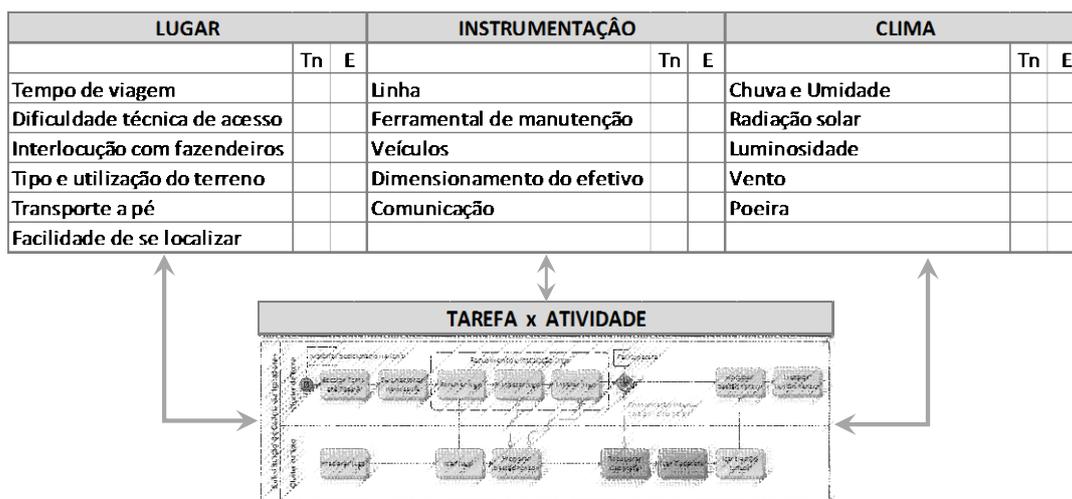


Figura 6-1 - Instrumento LICTA

Legenda: (Tn) Trabalhador n (E) Equipe de Ação Ergonômica

Analogamente ao EAMETA, os primeiros campos do LICTA (Lugar, Instrumentação e Clima) são objetos de uma avaliação prévia da equipe de ação ergonômica e dos operadores quanto à Situação de Trabalho, em que ambos atribuem menções verbais em uma escala quantitativa ou qualitativa (MÁSCULO; VIDAL, 2011, p. 282). Em seguida, a confrontação entre Tarefa e Atividade, na qual o ergonomista pontua junto ao operador aspectos percebidos durante a observação do trabalho, revela diferenças entre prescrição e trabalho real, esquematizando as regulações realizadas em meio aos modos operatórios.

A condução da etapa de Análise Global foi consubstanciada em uma metodologia de Visitas de Reconhecimento, necessária pelo contexto de dispersão geográfica da organização. Finda esta etapa, a aplicação do LICTA envolveu observação da execução de atividades de manutenção por dois dias e o ritual de interação, envolvendo um grupo de eletricitas formado por integrantes de três equipes de linhas.

6.3 Resultados

Seguem-se aqui os resultados da Análise Global e Focalização pelo LICTA.

6.3.1 *Primeiro contato e Demanda Gerencial*

A demanda inicial para a realização da ação ergonômica coincidiu com a Demanda Gerencial, uma vez que o primeiro contato ocorreu diretamente com representantes da Diretoria Técnica, alta gestão da organização, que possui sede na cidade do Rio de Janeiro. Nesta reunião, o problema de ausência de Ergonomia levantado pela gestão foi a manutenção de linhas de transmissão realizada em linha energizada (linha viva). As razões apontadas para este direcionamento foram o alto risco envolvido por estas atividades e a carga de trabalho física agregada para executar as operações.

6.3.2 *Reconhecimento*

A partir da Demanda Gerencial, a Instrução da Demanda prosseguiu para a Análise Global. No entanto, a necessidade de apreender o contexto organizacional e consolidar a Construção Social com poucos recursos de tempo e financeiros tornou-se um desafio ao considerarmos que os ativos de transmissão e as bases de operação das equipes de manutenção de linhas se situavam dispersos geograficamente pelas cinco regiões brasileiras. Um conjunto de objetivos específicos foi então estabelecido para nortear as então denominadas visitas de reconhecimento (Tabela 6-1). Quatro visitas de reconhecimento foram realizadas, cada uma enfocando as operações sob o guarda-chuva organizacional de uma das quatro gerências regionais de manutenção, localizadas em Brasília (DF), Assis (SP), João Pessoa (PB) e Araguaína (TO).

Tabela 6-1 - Objetivos das visitas de reconhecimento

Objetivo	Descrição
Panorama	Conhecimento do contexto setorial onde a organização transmissora está inserida
Geografia	Conhecimento geográfico de cada gerência de manutenção e de suas peculiaridades de localização
Construção Social	Estabelecimento de relações cordialmente produtivas entre a equipe de pesquisa e o efetivo das gerências regionais
Cultura	Conhecimento do contexto organizacional de referência de cada gerência regional;
Ações de trabalho	Mapeamento das atribuições e tarefas das equipes de manutenção de linhas
Demanda Ergonômica	Estabelecimento de um recorte do sistema de trabalho para focalização
Métodos & Técnicas	Discussão metodológica a respeito de etapas posteriores da ação ergonômica

Para lograr êxito nestes objetivos, o escopo das visitas de reconhecimento foi orientado para conter ao menos três núcleos de atividades:

- **Reuniões no escritório das unidades corporativas**, abordando diversos temas como a caracterização do sistema de transmissão da companhia, panorama setorial e modelo de negócios da companhia, estrutura organizacional das gerências regionais e principais atividades de manutenção realizadas;
- **Visita às bases operacionais das equipes de manutenção de linhas**, incluindo uma interlocução preliminar com as equipes e a visita a almoxarifados com equipamentos e materiais utilizados nas atividades de campo;
- **Visita aos ativos alocados na gerência regional em questão**, incluindo principalmente bays da empresa em subestações onde é acessante e trechos de linhas das concessões integrantes do sistema de transmissão da companhia.

Estes módulos formaram a base para a estruturação do itinerário-base para as visitas, que é exibido na Tabela 6-2.

Tabela 6-2 - Itinerário-base das visitas de reconhecimento

Dia	Local	Período	Atividade
1º Dia	Escritório da gerência regional	Manhã	Apresentação das metodologia de ação ergonômica para a gerência regional
			Panorama do segmento de transmissão
		Tarde	Estrutura da gerência regional e atividades de manutenção de linhas
			Gestão informatizada da gestão de ativos e ações de segurança
2º Dia	Campo	Manhã	Visita ao almoxarifado e base operacional das equipes de linhas
			Visita a uma linha de transmissão operada pela organização
		Tarde	Visita a uma subestação em que a companhia é acessante
			Reunião de encerramento da visita e consolidação da Construção Social

A primeira das visitas se verificou um pouco mais extensa, de forma a abranger não o centro de controle do sistema de transmissão da organização.

A Instrução da Demanda delineou gradualmente a Construção Social para este estudo. Durante as últimas visitas de reconhecimento ela já podia ser esquematizada como mostra a Figura 6-2.

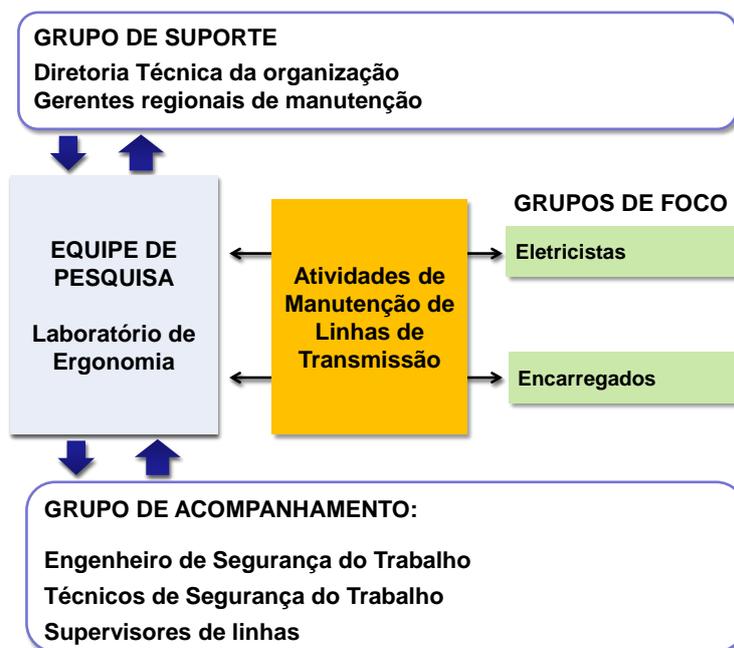


Figura 6-2 - Construção Social

A etapa de Reconhecimento envolveu também a apuração das interlocuções com o corpo gerencial e operacional da companhia, bem do documentação recolhida junto à organização. Foi também agregado um volume de literatura técnica na área.

As visitas de reconhecimento possibilitaram perceber o posicionamento da companhia transmissora no âmbito do Setor Elétrico Brasileiro e, mais especificamente, no âmbito do Segmento de Transmissão.

A empresa é uma holding que atua como pure player no setor de construção, operação e manutenção de redes de transmissão de energia em alta tensão. Seu portfólio inclui participação quase 30 concessões de transmissão, sendo a grande maioria no Brasil. Além disso, é acessada ou acessante em mais de 70 subestações visando a transformação de tensão e manobra de carga, que operam entre 230 e 525kV. Os ativos com sua participação possuem presença em todas as regiões do Brasil.

Sob a responsabilidade do centro de controle da companhia estão pouco menos de 10.000 km de linhas, distribuídas em diversas concessões. A magnitude da extensão das linhas operadas pela organização corresponde a quase 10% de toda a malha de transmissão brasileira.

A companhia estudada possui dois grupos controladores: um outro grande player do Setor Elétrico Brasileiro e um Fundo de Investimento Privado (FIP) internacional, que opera na modalidade *private equity*. O resto das ações é negociado em free float. A transmissora opera apenas concessões nas quais detém 100% de participação.

O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é considerado único no mundo, por apresentar simultaneamente as seguintes características:

- Conjunto de linhas de transmissão fortemente interligado, formando o Sistema Interligado Nacional (SIN -Figura 6-3), ao contrário do que ocorre em outros países de grandes dimensões, como Rússia, China e Índia;
- Matriz energética em grande parte renovável (apenas a energia proveniente de hidrelétricas constitui 66% da matriz brasileira);
- Modelo de contratação de transmissão de referência.

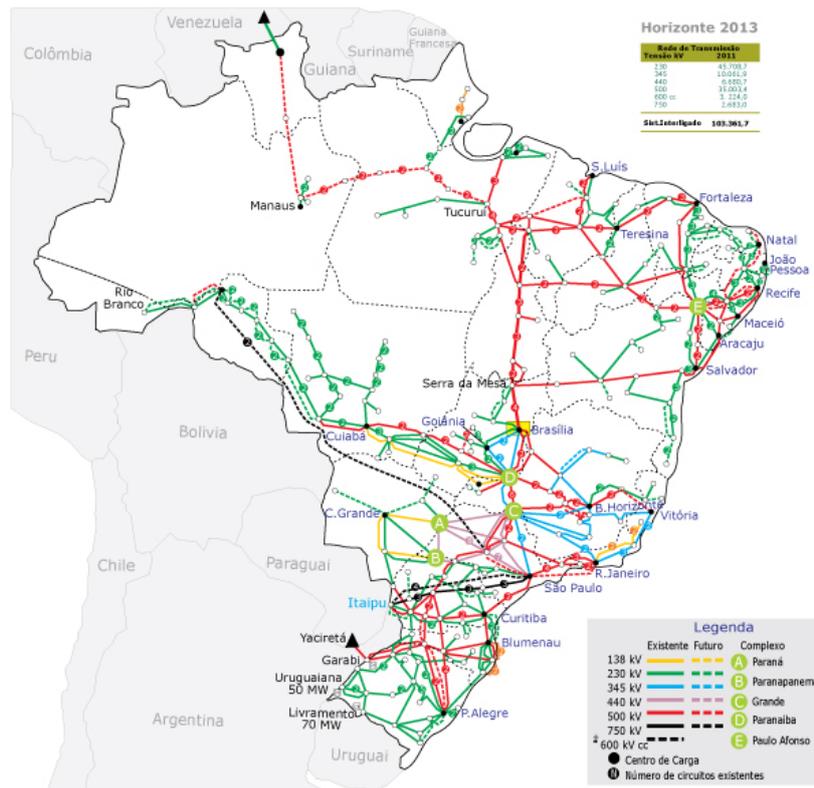


Figura 6-3 - Sistema Interligado Nacional em 2013 (Fonte: ONS)

Este último fator foi implementado na década de 1990, durante a Reestruturação do Sistema Elétrico Brasileiro (RESEB), quando o modelo do Setor Elétrico Brasileiro deixou de ser puramente estatal. Esta decisão estratégica se deveu à percepção à época do antigo modelo como já saturado, incapaz de aumentar a oferta e disponibilidade de energia no mesmo ritmo do desenvolvimento econômico brasileiro. Além disso, naquele momento, as empresas estatais apresentavam altos índices de endividamento

A RESEB foi implementada a partir de três pilares:

- **Agência reguladora independente**, que operasse como uma autarquia ligada funcionalmente ao Ministério de Minas e Energia (MME). A esta agência denominou-se Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- **Operador do SIN** que se mantivesse independente dos interesses dos agentes do setor e que priorizasse o custo mínimo do fortalecimento e operação do sistema, visando sempre a confiabilidade no atendimento da demanda, a chamada Segurança Elétrica. A este operador denominou-se Operador Nacional do Sistema (ONS). O ONS possui 4 centros operacionais e controla não apenas a manobra de carga no SIN, como a

produção das usinas ao longo do tempo, níveis dos reservatórios das hidrelétricas etc.;

- **Órgão destinado à liquidação dos contratos** de compra e venda energia, com operação voltada aos interesses públicos. A este órgão denominou-se Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Com a abertura do mercado, houve atração de capital privado nacional e estrangeiro, para alavancar tanto a transmissão quanto a distribuição de energia. A transmissora onde foi realizada a ação ergonômica foi um dos agentes que passaram a compor o novo panorama do Setor Elétrico Brasileiro propiciado pela RESEB.

Com a RESEB, o modelo de negócios estabelecido no Brasil para a transmissão de energia elétrica passou a ser por disponibilidade. Assim, a receita recebida pela administração de uma concessão é diretamente proporcional à efetividade da concessionária no que tange a manter a linha com sua capacidade de transmissão disponível ao longo do tempo, não importando a quantidade de carga manobrada pelo ONS para aquela linha no mesmo período. Neste sentido, o contrato assinado ao final do leilão de uma linha de transmissão prevê uma receita anual máxima disponibilizada para a concessionária se esta conseguir manter a referida linha com 100% de sua capacidade de transmissão disponível ao longo de todo o ano. A este limite máximo teórico denomina-se Receita Anual Permitida (RAP).

Quando ocorre interrupção da disponibilidade de transmissão de uma linha, é aplicada um abatimento da receita à concessionária. Este abatimento recebe o nome de Parcela Variável (PV), e é deduzida da RAP. Quando o desligamento é programado junto ao ONS, a PV equivale a 10 vezes o valor da RAP da concessão, proporcional ao tempo de paralisação. Quando o desligamento não é programado, a multa equivale a 150 vezes a receita. Dessa forma, em condições de paradas não programadas o faturamento mensal de uma concessão pode ser inteiramente perdido em algumas horas.

No entanto, mesmo que tal situação ocorra, a concessionária não é obrigada a operar seus ativos sem o recebimento de receita alguma. Isso porque a PV é cobrada mensalmente até o limite de 25% da receita mensal da concessão. A partir deste valor, o restante da multa é parcelado para os meses seguintes.

Como já mencionado, as licitações das concessões no segmento de transmissão são realizadas por meio de leilões que ocorrem na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Estes são leilões reversos, ou seja, a empresa que oferecer o maior deságio em termos de RAP conquista o direito de operar a linha.

A organização enfocada tem como meta manter a geração de receitas em 99% da RAP, ou seja, acumular perdas pela aplicação da PV de até 1% da RAP das concessões sob sua administração. Para alcançar este objetivo, é necessário buscar continuamente a excelência operacional por meio de diversas ações.

Uma das ações que se destacam neste contexto é o treinamento dos operadores do centro de controle para o enfrentamento rápido de eventuais desligamentos de linhas não programados. Nestes casos, os operadores do centro de controle têm até 1 minuto para informar a ocorrência ao ONS e até 5 minutos para tomar as ações necessárias que levem à volta da disponibilidade do sistema. O enfoque neste treinamento é essencial porque estes primeiros minutos de indisponibilidade de uma linha não são taxados em termos de PV. No entanto, a PV cobrada a partir deste momento inclui no cálculo este tempo decorrido. Desta forma, o corpo de funcionários do centro de controle é treinado para executar diversas ações de comunicação e checagem com o ONS e a gerência regional responsável durante este pulmão de tempo.

É importante notar que existem exceções quanto à aplicação da PV. Nos casos em que a concessionária consiga provar ao ONS que a indisponibilidade temporária de uma linha se deveu a razões de força maior e alheias à responsabilidade da empresa, a PV pode não ser aplicada. Um destes casos excepcionais ocorreu em uma das concessões operadas pela companhia enfocada na Região Sul, mas especificamente no estado do Rio Grande do Sul. Na ocorrência, condições climáticas extremas levaram à queda de três torres, interrompendo a transmissão por dias e exigindo inclusive a montagem de estruturas de emergência antes da reconstrução das definitivas.

Existem ainda os casos em que a disponibilidade da linha é temporariamente reduzida, mas não interrompida. Em tais situações, denominadas Restrições Operativas, uma equipe específica da área de Gestão de Ativos da transmissora, alocada na sede da companhia, é quem argumenta junto ao ONS para defender os interesses da organização.

As concessões de transmissão de energia elétrica que foram e vêm sendo leiloadas no Brasil podem ser divididas em três categorias, como mostra a Figura 6-4. As concessões operadas pela organização enfocada se encontram majoritariamente na Categoria 2. Esta é considerada a mais vantajosa para as concessionárias, pois além da Receita Anual Permitida (RAP) ser corrigida pelo IGP-M, estes contratos não possuem revisão tarifária. No entanto, a RAP é reduzida em 50% a partir do 16º ano de operação.



Figura 6-4 - Categorias das concessões de transmissão no Brasil (Fonte: adaptado de documentação da Gerência de Manutenção de João Pessoa)

A concessionária enfocada possui um dos melhores índices de RAP / km de concessão do segmento de transmissão brasileiro, exercendo papel de liderança no mercado. Além disso, os contratos das linhas atualmente operadas expiram somente a partir de 2030, garantindo um fluxo de caixa previsível, estável e duradouro.

O Sistema de metas da organização emprega o Índice de Manutenção Realizada (IMR), um indicador da eficiência do corpo profissional no cumprimento das atividades de manutenção. O cálculo do IMR é feito pela seguinte fórmula da seguinte maneira, considerando um período de tempo específico:

$$IMR = \frac{n^{\circ} \text{ de OSs Realizadas}}{n^{\circ} \text{ de OSs Previstas Acumuladas}}$$

É importante lembrar que o nº de OSs Previstas Acumuladas leva em conta não apenas as OSs já antecipadas na primeira elaboração dos Planos de Manutenção das concessões, como também OSs com programação pendente, incluindo aquelas identificadas a posteriori dos PMs.

Também vale notar que, com tal conformação, o desempenho do IMR é sensível à ocorrência de emergências ou situações extraordinárias que exijam a alocação temporária de grande parte do efetivo operacional de uma concessão, gerência ou até mesmo da companhia como um todo. Dois casos como este aconteceram recentemente na administração da Gerência de Manutenção de Assis:

- A queda de três torres de transmissão no Rio Grande do Sul devido a condições climáticas extremas; e
- Comissionamento de novo galpão de materiais e veículos de manutenção de linhas de transmissão e SEs, realizado pelas próprias equipes de linhas da região.

A estrutura organizacional da companhia estudada é mostrada na Figura 6-5, com destaque para as gerências mais diretamente abordadas na etapa de Reconhecimento.

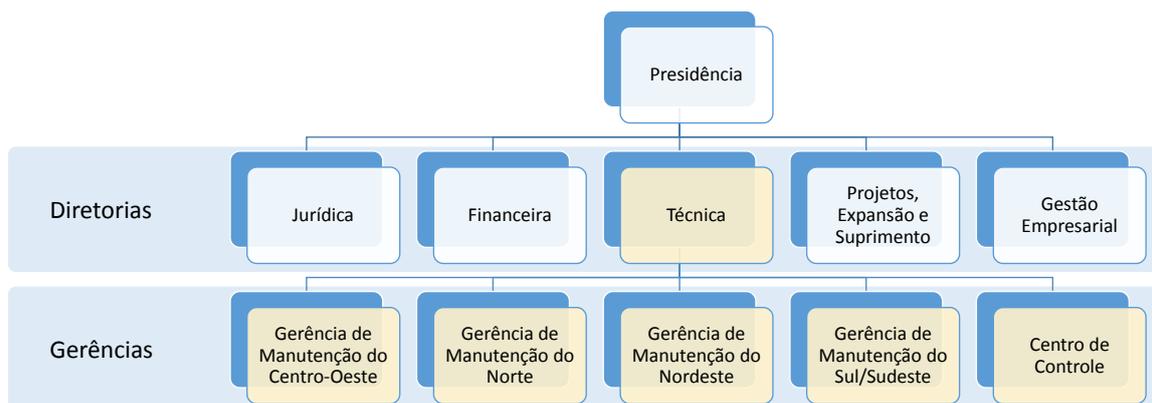


Figura 6-5 - Estrutura organizacional da transmissora

Atualmente, a empresa conta com cerca de 450 funcionários presentes em 12 estados, embora a sede do grupo seja no estado do Rio de Janeiro. Cerca de 72,5% dos trabalhadores estão alocados na Diretoria Técnica, estando entre eles os eletricitistas de linhas de transmissão. Segundo dados dos Recursos Humanos da organização,

praticamente metade dos funcionários (47%) tem idade entre 31 a 40 anos e a maioria deles são do sexo masculino, representando 86% da força de trabalho.

Em relação a tempo de casa, dados de agosto de 2014 fornecidos pelo setor de Recursos Humanos revelam que 45% dos trabalhadores, nessa data, estavam há menos de 1 ano na empresa e 22% tinham entre 6 e 10 anos de casa.

A estrutura organizacional das gerências regionais de manutenção é apresentada na Figura 6-6, com destaque para as funções envolvidas responsáveis pela gestão e operacionalização direta das ações de manutenção nos ativos da companhia.

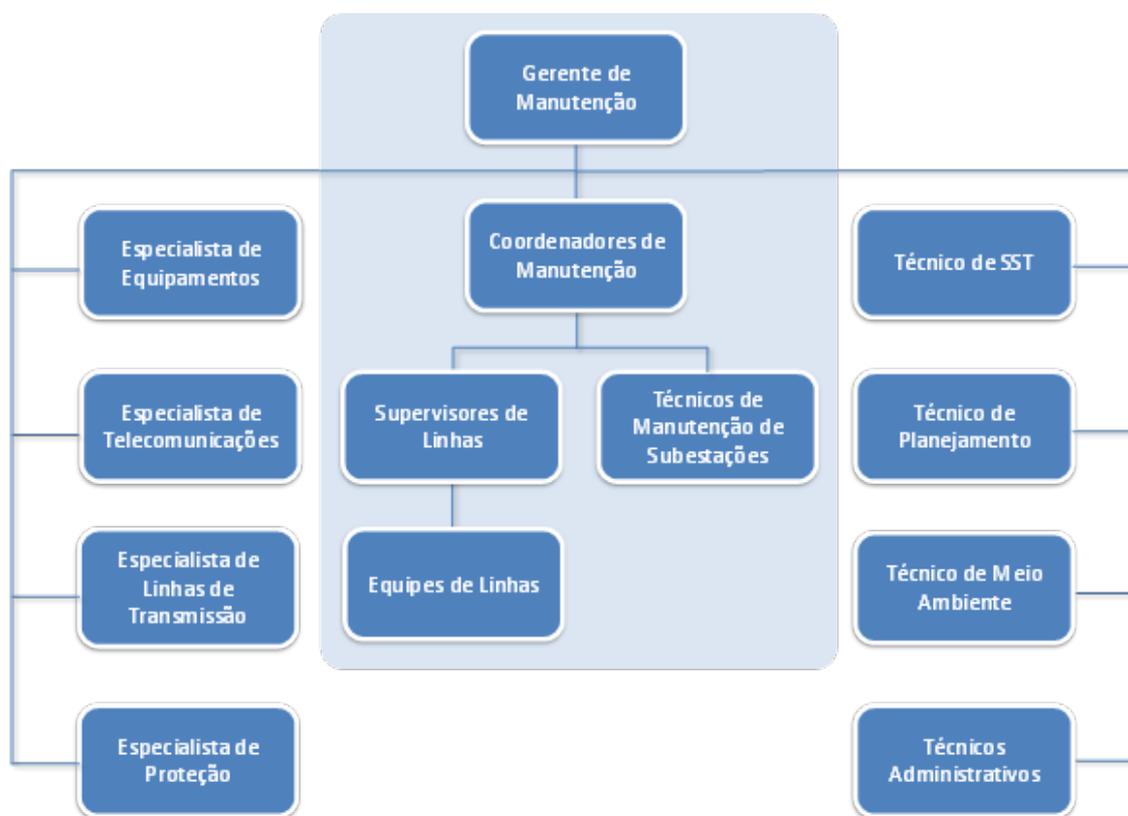


Figura 6-6 - Organograma funcional das gerências regionais de manutenção

No que tange à manutenção de linhas de transmissão, cada coordenador de manutenção é responsável por uma ou duas concessões e gere a atuação das equipes de manutenção de linhas alocadas nestas concessões por intermédio dos supervisores de linhas. Cada supervisor acompanha e controla as atividades de duas a quatro equipes de linhas. Finalmente, cada equipe de linha é formada por um encarregado de linha e por dois ou três eletricitas, e é responsável por um trecho de uma ou duas concessões, abrangendo entre 200 e 400 torres. As equipes são alocadas em bases operacionais e

almoxarifados, localizados em pontos estratégicos de acesso às linhas. Estes cumprem as seguintes funções:

- Postos avançados de concentração e partida dos eletricitistas para a execução de OSs programadas ou resposta a eventos inesperados;
- Depósitos de instrumental, materiais e veículos de operação, necessários para intervenção nas linhas de alta tensão (230 – 525kV);
- Hubs de acesso aos sistemas informatizados de gestão e à intranet da organização, bem como de elaboração e envio de relatórios e outras documentações previstas.

A maioria das atividades de linha são realizadas por apenas uma equipe. Nestes casos, idealmente por todos os integrantes, e no mínimo por dois integrantes. Algumas atividades porém, principalmente as que envolvem trabalhos em linha energizada, mutirões com linha desligada e atendimento a emergências, envolvem múltiplas equipes, visando agregar mais segurança e celeridade ao trabalho.

As visitas de reconhecimento possibilitaram esclarecimentos acerca das atribuições das equipes de manutenção de linhas, grupo de foco da modelagem ergonômica. Tais atribuições são brevemente apresentadas a seguir:

- **Coordenação, acompanhamento e execução da limpeza de faixa de servidão.** É uma das atividades que mais consomem homem-hora. Em algumas concessões são necessárias duas podas por ano. Nestes casos, a primeira é executada por firma terceirizada e a segunda, geralmente de menores proporções, pelas próprias equipes de linha;
- **Apoio no planejamento das atividades de manutenção.** As equipes participam da programação das atividades de manutenção de linha junto à gerência, de maneira a maximizar o cumprimento das metas;
- **Condução de veículos.** O transporte até os locais de intervenção consome recursos (materiais, tempo e esforço) consideráveis e é parte integrante da rotina de trabalho das equipes;
- **Controle de ferramentas e instrumentos.** As equipes de linha atuam, junto à área de segurança e almoxarifados, na organização, sinalização e armazenagem de toda a instrumentação de campo;

- **Execução de trabalhos em oficina.** Entre as atividades mais importantes que ocorrem nas bases operacionais está a inspeção e manutenção das ferramentas e instrumentos de campo;
- **Inspeção preventiva das linhas.** O Plano de Manutenção das concessões prevê uma quantidade significativa de semanas no ano destinadas à inspeção visual e detalhada das torres e vãos;
- **Intervenção em linhas de transmissão e subestações.** Intervenções em linhas de transmissão e SEs se dividem em linha morta ou viva. Em linhas de transmissão, processos comuns são troca de isoladores, troca de espaçadores e retensionamento de estais. Em SEs, a atuação das equipes de linha em geral se restringe aos pórticos de entrada e saída das linhas;
- **Operação de máquinas e equipamentos.** Nas atividades de campo é necessário a utilização de instrumentos como talhas, prensas hidráulicas, alicates (mecânico, hidráulico e elétrico), entre outros;
- **Participação na elaboração do diagnóstico de ativos de linhas de transmissão.** O resultado do trabalho das equipes de linha possibilita à gerência elaborar o diagnóstico de ativos, apresentado a diversas áreas da companhia anualmente. Este diagnóstico é um dos principais insumos para definição do orçamento anual da gerência;
- **Inspeções especiais.** Estas inspeções não são programadas, sendo necessárias quando há desligamento forçado de uma linha. As equipes trabalham para descobrir a causa raiz do desligamento, sob forte pressão de tempo;
- **Procedimentos administrativos.** Uma parcela considerável da jornada de trabalho semanal das equipes é dedicada a atividades administrativas. Alguns procedimentos são realizados em campo, como a Análise Preliminar de Risco (APR), enquanto outros são realizados na base, como a elaboração de Relatórios Diários de Operação (RDOs – redigidos ao final da jornada de trabalho diária) e Relatórios de Manutenção (RMs – redigidos após a conclusão de uma OS);
- **Participação na elaboração de especificação técnica referente a contratos.** A atualização diária do conhecimento das condições dos ativos da transmissora garante à supervisão de linhas papel importante na

especificação técnica em contratos de prestação de serviços e aquisição de equipamentos ou componentes;

- **Recepção e Comissionamento de novos equipamentos.** Apesar da construção de novas torres definitivas ser terceirizada, a área de linhas de transmissão acompanha e auxilia na execução do comissionamento das mesmas, pórticos e alguns equipamentos de subestações. Nestes casos, o efetivo da empresa também é responsável pela fiscalização de segurança do desligamento da linha (este executado pelo centro de controle) e aterramento;
- **Recuperação de vias de acesso.** Nos casos em que o acesso às torres não é possível para veículos, as próprias equipes atuam continuamente na supressão da vegetação para manter abertas as vias. Nos casos de manutenção e recuperação de estradas, devido ao avanço da vegetação ou de condições climáticas extremas (ex: enchentes), as equipes manutenção de linhas acompanham o trabalho terceirizado a operadores de retroescavadeiras e tratores;
- **Transporte e içamento de cargas.** O próprio corpo de eletricitistas da transmissora é responsável pela condução de caminhões guindaltos e utilização de paleteiras para transporte e manuseio de cargas.

Um mapa conceitual das atividades de manutenção de linhas de transmissão é exibido na Figura 6-7.

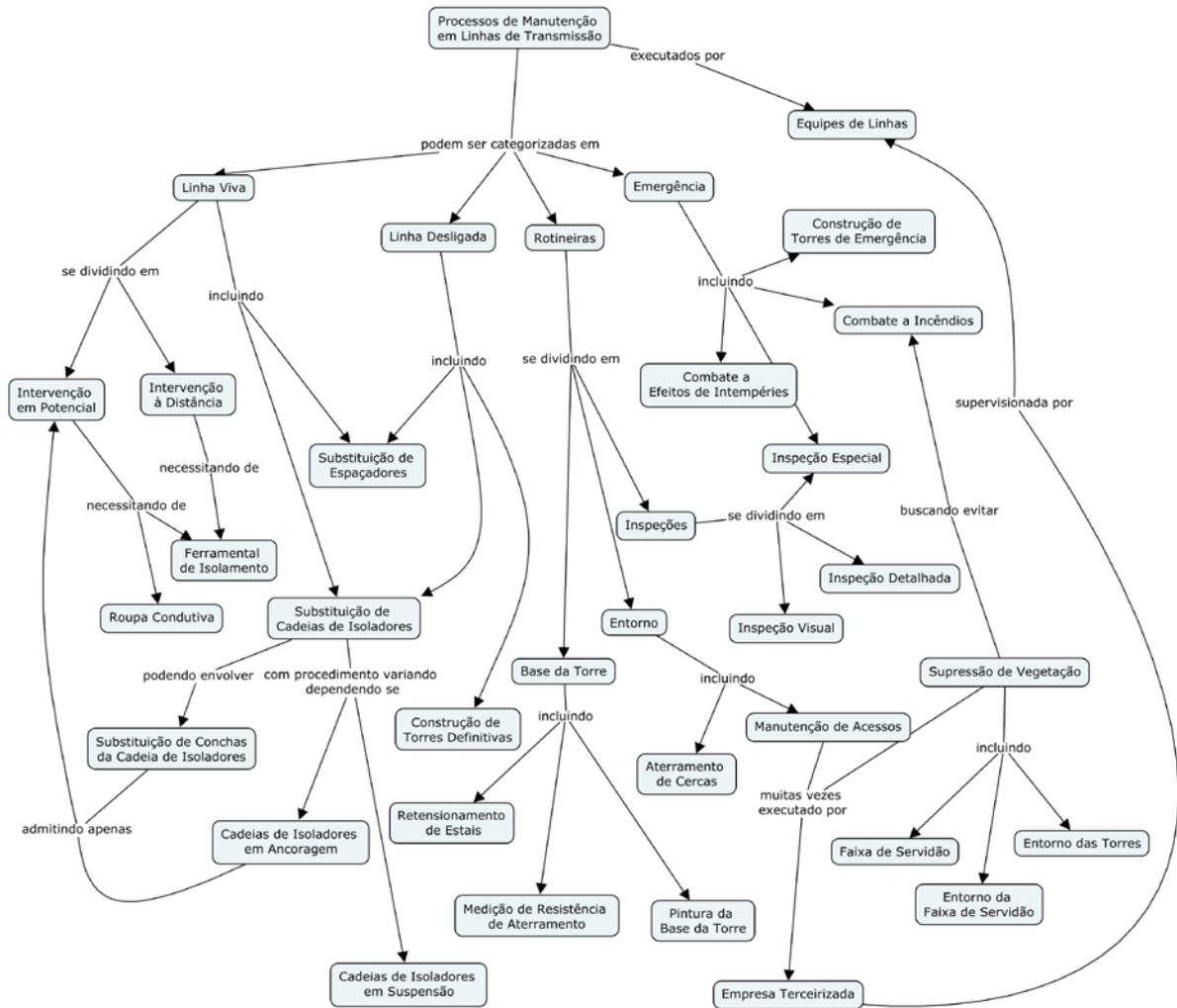


Figura 6-7 - Mapa Conceitual a partir da Questão Focal "Como se organizam as atividades de manutenção de linhas de transmissão?"

Um dos principais desdobramentos da etapa de Reconhecimento foi a constatação da existência de diferenças regionais no tecido corporativo entre as gerências e as equipes de linha. É importante ressaltar que isto se faz presente apesar dos esforços e políticas da alta gestão no sentido de uniformizar os processos da transmissora, em um panorama eminentemente antropotecnológico (WISNER, 1992, 2004). Pôde-se atribuir esta realidade de regionalismos aos seguintes fatores intrínsecos à companhia estudada:

- Formação recente (há menos de uma década), com ditames organizacionais ainda flexíveis e em conformação;
- Ativos e efetivo de manutenção dispersos geograficamente por todas as regiões brasileiras, agregando à sua morfologia necessidades específicas

de manutenção, regionalismos culturais das comunidades e *modi operandi* dos grupos profissionais locais;

- Expansões contínuas a partir de uma estratégia não apenas de crescimento orgânico mas também de M&A por todo o país, incorporando mão-de-obra de empresas de presença consolidada há muitas décadas no setor, portanto com diversas especificidades quanto à organização do trabalho, procedimentos de operação e cultura organizacional.

A ausência de Ergonomia no projeto e gestão dos processos de manutenção implica em redução da resiliência nestes processos, que ficam mais sujeitos a variações (internas) e intercorrências (externas) e, portanto, tornam-se mais propensos à produção de falhas. Por sua vez, a ocorrência falhas ou imprecisões na execução destes processos repercute na operação das linhas e uma hipótese em exame é que possíveis quedas de transmissão, gerando indisponibilidade dos ativos da transmissora, tenham esta gênese.

A indisponibilidade (aqui conceituada como disponibilidade parcial) das linhas operadas pela empresa ao SIN gera aplicação da Parcela Variável (PV) sobre a Receita Anual Permitida (RAP), põe em risco as metas da organização e compromissos perante seus acionistas. Desta maneira, a otimização dos processos de manutenção tem como anátema a minimização de danos, ou seja, promover reduções do número de intensidade de aplicação da PV, refletindo-se no encurtamento dos períodos de indisponibilidade das concessões.

A Figura 6-8 esquematiza a relação entre os procedimentos de manutenção - programados e sequenciados pelo Sistema de Gestão de Ativos- e a multa que a empresa incorre quando alguma de suas linhas se torna temporariamente indisponível (PV).

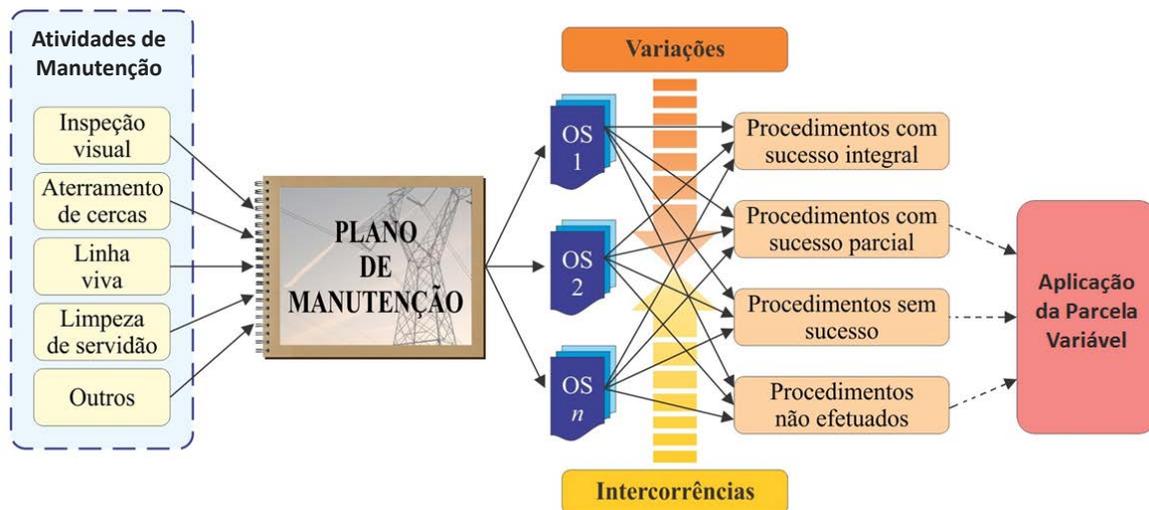


Figura 6-8 - Associação entre atividades de manutenção e aplicação da Parcela Variável

Uma vez finalizada a etapa de Reconhecimento, foi possível definir a Demanda Ergonômica como o processo de substituição de cadeias de isoladores em linha viva. Adotou-se como critério para esta decisão o fator de centralidade na manutenção (diversas outras atividades são conduzidas de forma a possibilitar esta), além do fator de simbolismo. Este procedimento, um dos mais emblemáticos da manutenção de linhas de transmissão, é o principal representante das ações em linha viva, tanto em termos de frequência quanto em termos de criticidade da operação para a disponibilidade das linhas. Com o aumento da demanda por eletricidade, é crescente a exigência por operações de manutenção que não impliquem em desligamento programado das linhas, o que nas últimas décadas levou à elevação do número de acidentes reportados com o componente elétrico (GALVAN et al., 2010).

6.3.3 Focalização – Instrumento LICTA

A linha de transmissão estudada possui tensão de 230kV sustentada por 3 fases (de um único cabo cada), montadas em torres de transmissão autoportantes e estaiadas. A conformação típica da estrutura de transmissão é esboçada na Figura 6-9. A operação é conduzida primeiro na Fase A, em seguida na B e por ultimo na C. Esta ordem é de preferência das equipes por implicar no içamento do instrumental de trabalho apenas uma vez no sentido contrário à gravidade, simplificando a operação.

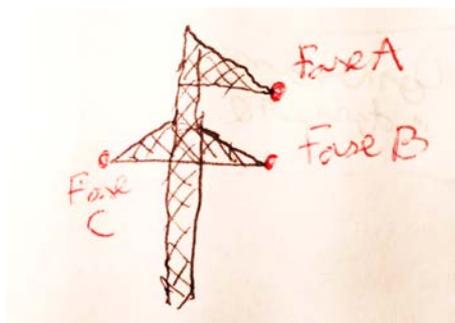


Figura 6-9 - Estrutura de transmissão

Para executar a atividade escolhida para análise focada – a substituição de cadeias de isoladores em linha viva - a equipe necessária é formada pela combinação de duas a três equipes de linhas e da supervisão, formando uma equipe de linha viva composta de 7 pessoas: um conjunto de 6 homens, entre eletricitas e encarregados, e mais 1 supervisor de linhas. A análise da documentação prescrita para este procedimento e a sua confrontação com a observação da atividade (trabalho real) revelou que esta se divide em dois núcleos: um grupo de quatro operadores (três eletricitas e mais o supervisor) se mantém ao solo e dá suporte para outro grupo posicionado no alto da torre, que efetivamente realizará a troca de isoladores.

Cada um destes grupos possui uma esfera de responsabilidades no processo de trabalho e autonomia quanto à tomada de decisões, tanto em relação à execução da operação quanto em termos da garantia de segurança de toda a equipe. Além disso, se tratando de um trabalho eminentemente colaborativo em um sistema sociotécnico complexo, a natureza de distribuída das informações críticas para estes dois eixos (execução da operação e segurança) possui uma realidade diferente para os dois grupos. Desta maneira, cada grupo possui uma forma de organização operativa, aqui denominada de **cluster de trabalho**. Durante a operação, o cluster de torre trabalha a todo momento em fina sincronia com o cluster de solo, e dele depende para a sobrevivência da operação e também dos seus próprios integrantes. A Figura 6-10 ilustra o grupo de 3 eletricitas escalando uma estrutura autoportante e prestes a assumir o posicionamento característico do cluster de torre.

A observação situada do trabalho revelou uma série de aspectos e peculiaridades relevantes, dentre as quais pontuaremos aqui algumas de forma preliminar:

- O próprio supervisor se engaja na execução da operação por conta do efetivo reduzido. De acordo com a prescrição, sua única função seria de

Responsável pela Instalação (RI), solicitando e recebendo a liberação da linha para a operação. No trabalho real, entretanto, ele auxilia de maneira crucial os trabalhos no cluster de solo;

- Na prescrição, apenas o cluster de torre realiza a troca dos isoladores, mas no trabalho real a participação do cluster de solo é direta, fundamental e crítica quanto à manutenção de um estado de segurança.



Figura 6-10 - Cluster de torre

A Tabela 6-3 mostra o resultado da apreciação verbal dos operadores e da equipe de pesquisa nos três primeiros campos do LICTA.

Tabela 6-3 - Resultados da aplicação do LIC-

Legenda: (Tn) Trabalhador n (E) Equipe de Ação Ergonômica

(O) Ótimo (MB) Muito Bom (B) Bom (R) Ruim (MR) Muito Ruim

LUGAR								
	T1	T2	T3	T4	E	Ressalvas do Ergonomista	Falas dos Operadores	
Tempo de viagem	B	B	B	MB	R		"Tem torres que pra chegar é muito pior"	
Dificuldade técnica de acesso	R	B	B	B	R	Complicada em certos trechos		
Interlocução com fazendeiros	R	R	R	B	B	Não houve ocorrências	"Pode complicar"	
Tipo e utilização do terreno	B	R	R	B	B		"Aqui tem mata nativa que não pode cortar"	
Transporte a pé	R	B	O	B	B	Não foi observado transporte significativo	"Às vezes acontece de andarmos muito"	
Facilidade de se localizar	B	O	B	B	R	Muitas bifurcações por estradas de terra	O problema é quando tem cana. Aqui é bom	
INSTRUMENTAÇÃO								
	T1	T2	T3	T4	E	Ressalvas do Ergonomista	Falas dos Operadores	
Linha	B	R	MB	B	R		"Essa parte aqui até que é tranquila"	
Ferramental de manutenção	R	B	MB	B	R	Muito pesado, grande carga de trabalho	"Jugo deveria ser mais leve"	
Veículos	MB	MB	MB	MB	MB		"Não tem do que reclamar"	
Dimensionamento do efetivo	R	B	MB	B	R	Carência de um operador em cada cluster		
Comunicação	B	R	R	B	R	Ruim, aos gritos		
CLIMA								
	T1	T2	T3	T4	E	Ressalvas do Ergonomista	Falas dos Operadores	
Chuva e Umidade	MB	B	MR	R	O	Não foi observada chuva	"Quanto mais Sol, melhor"	
Radiação solar	MR	MR	R	B	MR	Impõe fadiga rapidamente	"Faz cansar muito"	
Luminosidade	B	B	R	B	R	Excesso de iluminação		
Vento	B	B	R	R	R		"Vento aqui vem frio, aumenta a umidade"	
Poeira	R	B	O	O	B		"Tem que tomar cuidado com os bastões"	

Os resultados da aplicação do instrumento revelam significativa discrepância entre a avaliação dos operadores e a do ergonomista. Em seguida, com uma construção social já mais fortalecida, prosseguiu-se para a análise da prescrição versus trabalho real do processo de substituição de cadeias de isoladores em linha viva. Esta análise foi realizada a partir da confrontação entre as Instruções de Trabalho (IRs) – documentos redigidos formalmente pela gestão da empresa – e a observação e subsequente conversação a respeito do trabalho real dos profissionais de manutenção. Para tal, antes do trabalho de campo foram primeiramente colhidas estudadas as IRs. Em seguida, acompanhou-se a substituição das cadeias de isoladores em cinco torres ao longo de dois dias, três autoportantes e duas estaiadas. A tarefa prescrita a nível macro com algumas variações é mostrada na Figura 6-11. Uma vez que cada torre comporta três fases de transmissão, as etapas do processo a partir do posicionamento na mísula sofrem três iterações, sendo apenas uma delas representada no esquema.

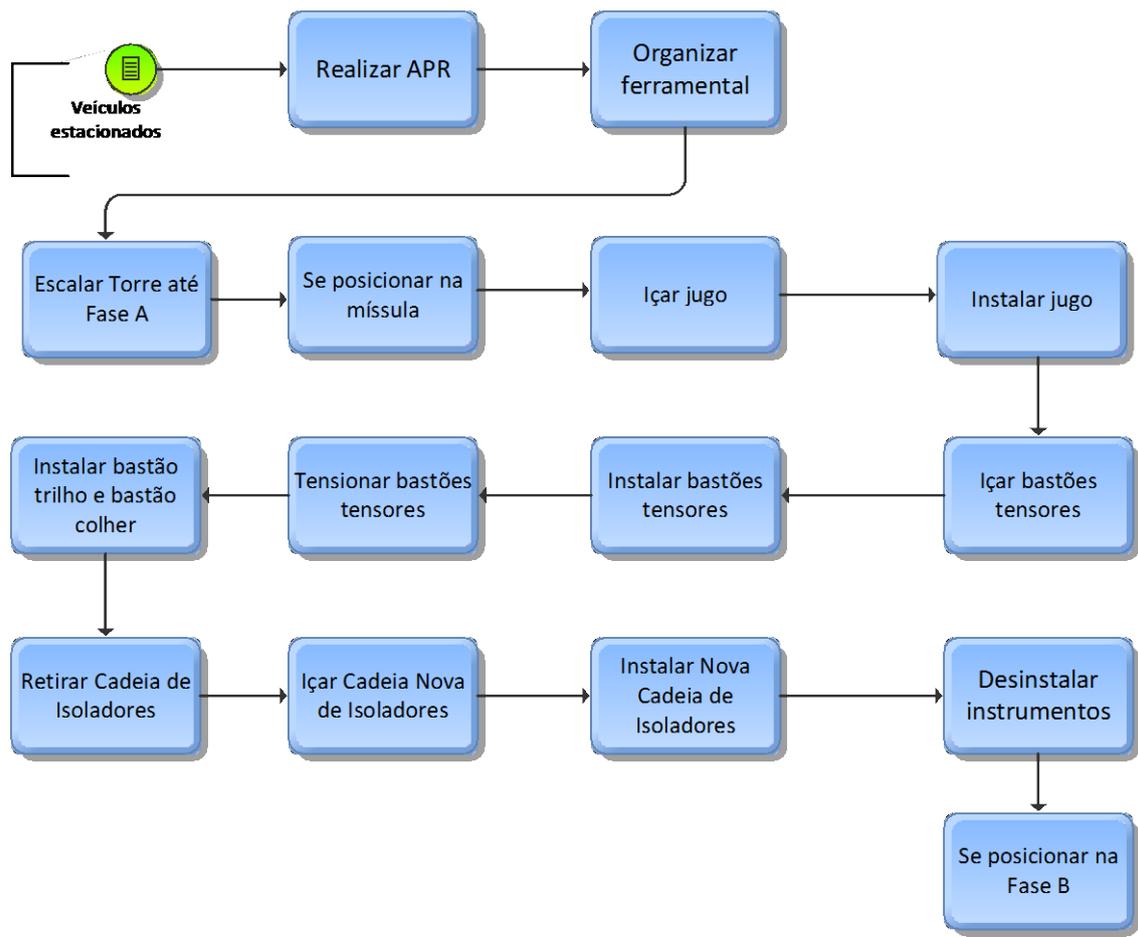


Figura 6-11 - Processo de substituição de isoladores em linha viva (tarefa prescrita com variações)

6.3.4 Quadro de Problemas

Finalmente, a construção social com os operadores, as observações do trabalho e os depoimentos colhidos foram sistematizados em um quadro dos principais problemas eliciados para a manutenção de linhas de transmissão na organização estudada. Este quadro é exibido na Tabela 6-4.

Tabela 6-4 - Quadro de Problemas

Problema	Descrição	Evidências	Holófrases
Dificuldade de Comunicação entre cluster de solo e cluster de torre	Não há uma solução adotada para facilitar a comunicação verbal entre os dois clusters de trabalho, que distam entre 20 a 40 metros. A estratégia adotada para tentar vencer distância e o ruído ambiente - aumentar o volume da voz - se mostra pouco eficiente, e isto é mais evidente quando a variabilidade no trabalho se manifesta mais intensamente, tornando necessária a comunicação inter-cluster	<ul style="list-style-type: none"> • Auferição em tempo real, junto ao cluster de solo, da dificuldade de entendimento das informações provenientes do cluster de torre • Observação de diversos marcadores de comunicação residuais na comunicação inter-cluster, com efeitos sobre o tempo de execução da operação • Na última torre trabalhada no dia, quando percebe-se mais fadiga dos operadores, a comunicação intra-cluster permanece intensa mas a inter-cluster é sensivelmente reduzida, gerando potenciais perdas à resiliência do processo e portanto à sua segurança 	<p>Durante a observação do trabalho:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Hein? (...) Fala de novo!" • "O que foi que ele disse lá em cima?"
Ferramental de manutenção inadequado: pesado e pouco anatômico	O peso dos materiais necessários ao trabalho vêm se elevando progressivamente ao longo dos anos, chegando ao ponto de prejudicar à realização da intervenção. Isso é potencializado pelo uso de EPIs que não se moldam ao corpo de forma confortável, em especial os talabartes de proteção (cintos de segurança)	<ul style="list-style-type: none"> • Depoimentos dos eletricitistas se orientam para esta temática de forma recorrente, convergindo para queixas de peso dos instrumentos • Preocupação em reduzir ao máximo a distância e tempo de transporte do ferramental entre o carro e a torre, materializando-se em debates entre os operadores sobre onde estacionar o carro 	<p>Durante aplicação do LICTA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Jugo poderia ser mais leve, bastões também" • "[Os materiais] têm que ser mais leves" • "Material deveria melhorar, deveria vir mais leve. É cada vez mais pesado, é ruim pra manusear" • "Dizem que os materiais estão ficando mais pesados pra aumentar a segurança, mas aí acaba atrapalhando o trabalho da gente"
Pouca alternância entre atividades de trabalho	As atividades, programadas e sequenciadas no Plano de Manutenção anual, apresentam caráter sazonal. Por isso, um único processo (ex: inspeção visual) é por vezes repetido pelas equipes por toda a jornada de trabalho diária, durante meses, potencializando o efeito de posturas forçadas	<ul style="list-style-type: none"> • Exame dos processos de trabalho programados no Plano de Manutenção anual e constatação de configuração sazonal • Posturas forçadas (principalmente flexão e torção de tronco e de ombros) e esforços estáticos verificadas durante a observação do trabalho (principalmente escalada e manuseio de cargas) • Depoimentos dos eletricitistas 	<p>Durante a aplicação do LICTA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Tinha que ter um rodízio maior das atividades, não tem pra maior parte delas. Aí o que seria só um incômodo no corpo, o cabra repete tanto todo dia que fica mal depois"

6.3.5 Discussão

A escolha por um método participativo de ação ergonômica se revelou frutífera. Entre as contribuições da adoção desta abordagem à qualidade dos resultados do estudo, nota-se que ela permitiu que o atributo “Comunicação” emergisse e fosse inserido na categoria “Instrumentação”, durante a própria aplicação do ferramenta.

Para além desta constatação, a imersão no campo nos levou a dois momentos de reflexão. No entanto, convém estabelecer antes que uma definição para situação de trabalho. De acordo com Másculo e Vidal (2011), a situação de trabalho é uma combinação singular de fatores internos e externos ao operador numa dada circunstância de produção, O próprio conceito de atividade é definido pelos autores como o “conjunto de atos articulados pelo operador em sua situação de trabalho”, ocorrendo em um lugar

e instante definidos. A partir deste momento, então, definiremos situação de trabalho como a execução da atividade de trabalho em um dado instante e uma dada localização.

O primeiro momento de reflexão neste estudo se refere à inexistência da configuração de postos de trabalho na substituição de cadeias de isoladores em linha viva e - de forma mais ampla – na manutenção de linhas de transmissão (com exceção de alguns procedimentos administrativos que ocorrem nas bases e almoxarifados). Esta reflexão surgiu da análise dos resultados do LICTA. Ao contrário do observado em estudos onde houve a aplicação do EAMETA (JATOBÁ et al., 2015; MOREIRA, 2014; RICART; VIDAL; BONFATTI, 2012), observou-se uma divergência incomum entre os escores atribuídos pelos operadores e pelo ergonomista. Isto se deve a uma peculiaridade da manutenção: as diversas iterações de um mesmo procedimento ocorrem em locais diferentes. Portanto, durante as iterações observadas do procedimento só pudemos avaliar uma minoria de manifestações dos atributos previstos no LICTA.

Metodologicamente, sabemos que durante a condução de uma AET clássica, e particularmente na fase de estabelecimento da Demanda Ergonômica, o escopo da AET clássica é tipicamente direcionado ao posto de trabalho. O desenvolvimento de instrumentos de screening do contexto (intra-organizacional) e do entorno (extra-organizacional) de trabalho, incluindo os atributos “EAME” do EAMETA e “LIC” do LICTA, se situa no bojo desta abordagem. O recorte do escopo de análise destes instrumentos pelo posto de trabalho oferece uma vantagem significativa, que explica o êxito de sua utilização em contextos de pesquisa onde há contingências de recursos (orçamentárias e de tempo): o pesquisador pode, com uma única visita ao posto de trabalho, em virtualmente qualquer momento da jornada do operador, avaliar amplamente o contexto e o entorno. Isso porque a eclosão de perturbações prementes aos mesmos:

A Figura 6-12 ilustra o escopo da etapa de Focalização da ação ergonômica em postos de trabalho *versus* atividades de manutenção. Nesta esquematização, cada ponto azul escuro corresponde a uma situação de trabalho, concretizada pelo trabalho real executado pelo operador - guiado pelo respectivo procedimento - em uma dada combinação de contexto e entorno de trabalho.

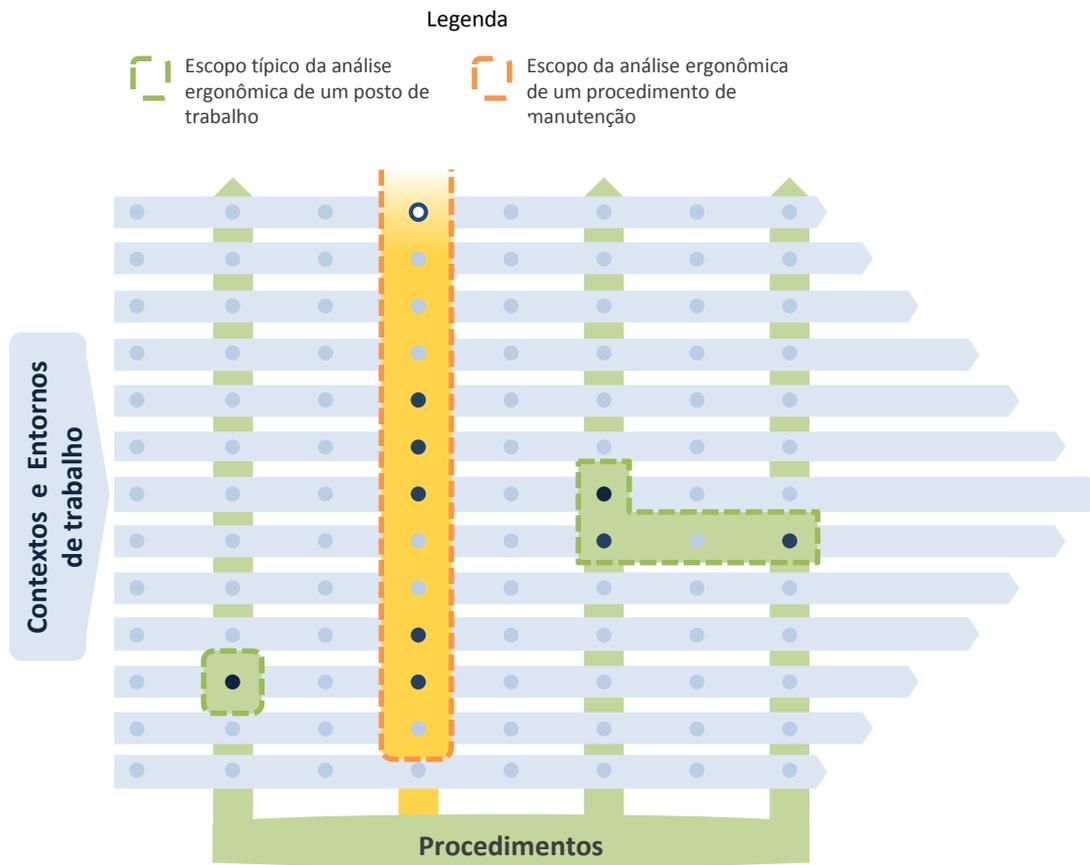


Figura 6-12 - Escopo da etapa de Focalização em diferentes sistemas de trabalho

Podemos perceber que o emprego de ferramentas para análise focada de postos de trabalho admite a participação em um único ou alguns procedimentos. Porém, mais importante notar, ela admite somente uma única combinação de contexto e entorno de trabalho. Se encararmos esta entidade *contexto + entorno* de trabalho como produto de uma determinada localização e um determinado instante, as limitações ensejadas na análise ergonômica através destas ferramentas não arriscam o caráter compreensivo das mesmas, pois:

- Postos de trabalho, em sua maioria, não sofrem variações de localização;
- Postos de trabalho também são predominantemente inseridos em um espaço de produção construído, o que torna seus contextos de trabalho pouco variáveis com o passar intervalos curtos de tempo.

Isso nos leva a constatar que, na manutenção de linhas de transmissão – e estendendo este raciocínio, nas atividades de manutenção em geral - existe não apenas um, mas diversos contextos e entornos de trabalho possíveis para um mesmo operador nas diversas iterações de um mesmo procedimento.

Desta forma, a aplicação do LICTA ao estudo do trabalho na manutenção, além de evidenciar uma Lista de Problemas, auxiliou a delinear o caminho a seguir durante a sistematização da ação ergonômica: para melhor compreender as demandas eliciadas no pré-diagnóstico, era preciso o aprofundamento nas diversas aglutinações de contexto + entorno de trabalho.

A eclosão de múltiplas perturbações durante o curso-da-ação da substituição de cadeias de isoladores nos levou ao segundo momento de reflexão. Embora a princípio as perturbações não se mostraram fator de destaque no trabalho, com o desenrolar da operação elas assumiram papel fundamental, revelando diferenças entre a manutenção em espaço construído e aquela a céu aberto, característica das linhas de transmissão. Embora em ambos os casos a variabilidade ecloda de uma matriz de n (contextos + entornos) x n procedimentos, verifica-se que no trabalho a céu aberto se infiltram outras fontes de variabilidade - fruto de intercorrências externas - para além daquela atuante sobre os procedimentos e o contexto organizacional interno.

Através de uma nova contemplação dos dados oriundos da Análise Global e da Focalização, as perturbações registradas foram sistematizadas em quatro categorias, propostas na Tabela 6-5. Em sistemas de trabalho onde há manifestação da figura do posto de trabalho (ex: linha de produção, trabalho em escritórios, e também uma pequena parcela das atribuições dos grupos de foco deste estudo), bem como na manutenção em espaços construídos, verifica-se apenas as variações e intercorrências de cunho Técnico & Organizacional, enquanto as outras três fontes, que aqui denominaremos preliminarmente de extra-organizacionais, ocorrem na manutenção a céu aberto.

Tabela 6-5 - Fontes de variabilidade na manutenção de linhas de transmissão

• Manutenção em Ambientes Construídos • Postos de Trabalho	Fonte	Dimensão quanto às Fronteiras Organizacionais	Descrição	Exemplos na Manutenção de Linhas de Transmissão
	• Manutenção de Linhas de Transmissão	Organizacional	Interna	Curso-da-ação, instalações, ferramental, equipamentos de proteção individual e coletiva, cultura institucional e organização do trabalho
Cenário		Externa	Localização-tipo, incluindo características topográficas e hidrológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de transposição de rio • Terreno estreito para estacionamento • Acesso por ribanceira
Natureza		Externa	Desenrolar do ambiente natural, fenômenos climatológicos e aspectos do bioma circundante	<ul style="list-style-type: none"> • Tempestade • Encontro com animal peçonhento • Crescimento anormal de vegetação
Conjuntura		Externa	Momento histórico-socioeconômico, comportamento humano	<ul style="list-style-type: none"> • Interlocução com fazendeiros • Assentamentos do MST • Construção de benfeitorias

Este momento de reflexão nos levou a direcionar em definitivo o enfoque da etapa posterior de sistematização para o estudo mais aprofundado da gestão de variabilidade na atividade de substituição de isoladores em linha viva. Este é o teor da análise a seguir.

7 Apêndice III - Gestão da Variabilidade na Manutenção de Linhas de Transmissão

7.1 Introdução

Este artigo trata do tema da Gestão da Variabilidade, tendo como referência empírica as atividades de manutenção de linhas de transmissão. O estudo foi realizado no contexto de uma cooperação entre diferentes laboratórios da UFRJ para fins de realização de um projeto de Pesquisa & Desenvolvimento junto à uma empresa transmissora cujo nome será mantido sob sigilo, providência que é estendida aos demais parceiros da UFRJ. Portanto, o teor deste artigo refere-se tão somente à visão da equipe de ergonomistas referentes a estas atividades.

Este Apêndice é composto de uma breve Fundamentação Teórica, onde colocamos algumas bases históricas do campo da Gestão da Variabilidade; uma seção de descrição metodológica; uma seção dos resultados do estudo; e por último, uma discussão da variabilidade na manutenção de linhas de transmissão.

7.2 Fundamentação Teórica

O conceito de variabilidade (VIDAL, 1985, 1996) é central em análise ergonômica do trabalho – AET - e parte da constatação de que num dado processo de produção os desempenhos não são resultados distintos nos seus vários momentos de mensuração, mas que esta diferenciação está ligada à natureza intrínseca do processo produtivo e do processo de trabalho. As empresas se organizam para que seu processo de produção seja controlado e isto leva a que busquem, legitimamente a controlar o impacto de alterações de natureza aleatória na produção. A realidade dos processos de produção é pautada por uma variabilidade significativa.

O conceito de modo degradado foi apontado por KERBAL (1989) e formalizado teoricamente por SAGAR (1989). O modo degradado significa as situações onde um sistema é utilizado em condições distintas daquelas formalmente previstas pelo construtor ou pelo vendedor da tecnologia empregada em um processo industrial. Nesse sentido, o modo degradado se caracteriza por uma articulação de perturbações engendradas por variabilidade do sistema técnico e organizacional. Ocorre modo

degradado quando esta variabilidade supera as capacidades de regulação ao alcance dos operadores e efeitos sobre o sistema técnico e organizacional se acumulam.

Diversas causas podem ser repertoriadas em uma situação de modo degradado. Para WISNER (1989), o modo de degradação verificado após os processos de transferência de tecnologia, ocorrem devido a não consideração, nesses processos, de aspectos particulares do tecido industrial e social de cada região ou país, bem como a não consideração de aspectos antropológicos, que se constituiriam em fontes descontroladas e cumulativas de variabilidade.

As regulações são ações especificamente voltadas para compensar efeitos de incidentes sobre o curso-da-ação (VIDAL, 1985). A ocorrência de regulações situa o observador no trabalho real e permite compreender seus mecanismos.

Os fenômenos do afloramento e da auto-organização estão entre as principais propriedades dos sistemas complexos (VIDAL *et al.*, 2016). O afloramento de perturbações pode ser observado em um nível macro, mesmo que seja gerado por elementos de nível micro, e ocorre devido ao aspecto não linear e distribuído das interações durante o trabalho. Já a auto-organização pode ser vista como uma regulação estrutural, sendo o processo de comportamento adaptativo, em geral coletivo, para enfrentar perturbações críticas, na maioria das vezes recém afloradas. Esta capacidade de regulação coletiva, oriunda da natureza distribuída dos sistemas complexos, está fortemente relacionada ao controle e utilização de informação localmente situada.

7.3 Materiais e Métodos

A partir da mesma empiria do Apêndice II, seguiu-se uma análise com enfoque na gestão da variabilidade. Desta forma, o esforço de pesquisa incluiu:

- Análise da Tarefa Prescrita (documentação formal da organização a respeito do procedimento);
- Observação do Trabalho Real (substituição de isoladores em cinco estruturas de transmissão, ao longo de dois dias);
- Cronometragem do tempo da atividade e das regulações;
- Coleta de depoimentos durante o debriefing da operação junto aos eletricitistas, buscando captar problemas enfrentados

O processo de trabalho foi então modelado em notação específica (BPMN) e as perturbações relatadas e observadas foram identificadas e analisadas, sendo propostas boas-práticas de resiliência para enfrentamento das mesmas. Viu-se necessária a consideração das etapas do procedimento de forma mais detalhada (micro) que durante a análise LICTA, uma vez que as comunicações inter-cluster surgiram como fortes tônicas no processo. Finalmente, um dos problemas levantados no pré-diagnóstico foi aprofundado a partir da influência das perturbações na atividade, e uma proposta de melhoria foi delineada.

Após o acompanhamento das atividades e a interlocução com os eletricitistas, foi possível esquematizar o trabalho real e as regulações intrínsecas captadas. Consideramos o ciclo de trabalho como sendo a substituição da cadeia de isoladores realizada no âmbito de uma torre, ou seja, todas as etapas da operação entre o momento de chegada dos veículos às imediações da torre até o momento de saída dos mesmos deste perímetro. Neste recorte, pode-se assumir que a equipe de linha viva executa três ciclos de trabalho por dia (ou quatro, em casos excepcionais).

Na modelagem da tarefa real, foram consideradas mudanças a partir da prescrição, e destacadas com a cor verde, as tarefas que apresentaram ao menos uma das seguintes condições:

- Tarefas novas, que não estavam presentes na prescrição;
- Tarefas cujo momento de execução é diferente dentro do curso-da-ação, quando comparada à prescrição;
- Tarefas que na verdade são realizadas em paralelo a outras;
- Tarefas que assumem a função de gatilhos para grupos de tarefas paralelas, ou então tarefas que são acionadas por novos gatilhos de atividades paralelas.

7.4 Resultados

O processo de trabalho foi modelado a nível prescrito e real por meio da notação BPMN. A tarefa prescrita é modelada em nível micro nas imagens entre a Figura 7-1 e a Figura 7-6.

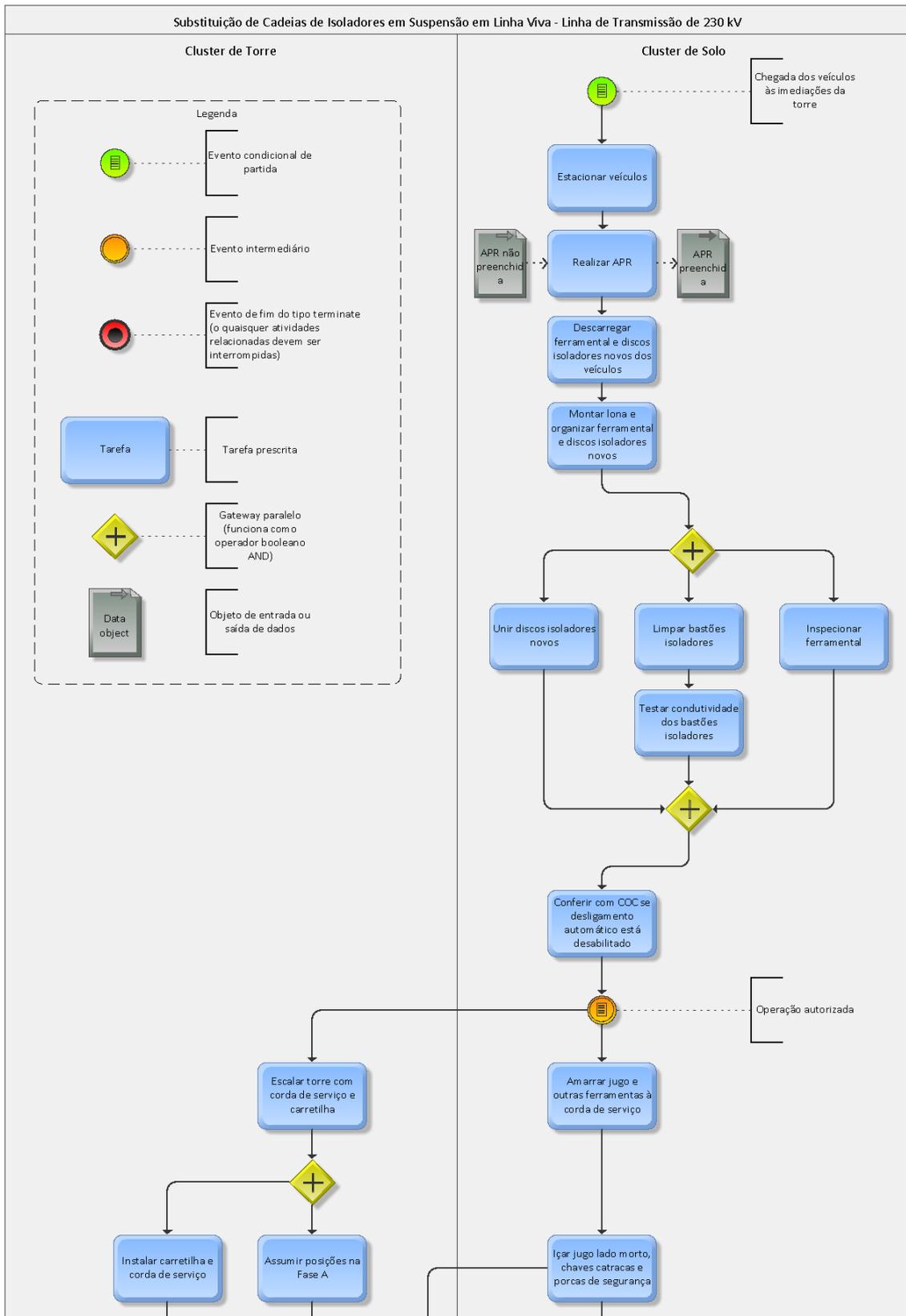


Figura 7-1 - Trabalho Prescrito (1/6)

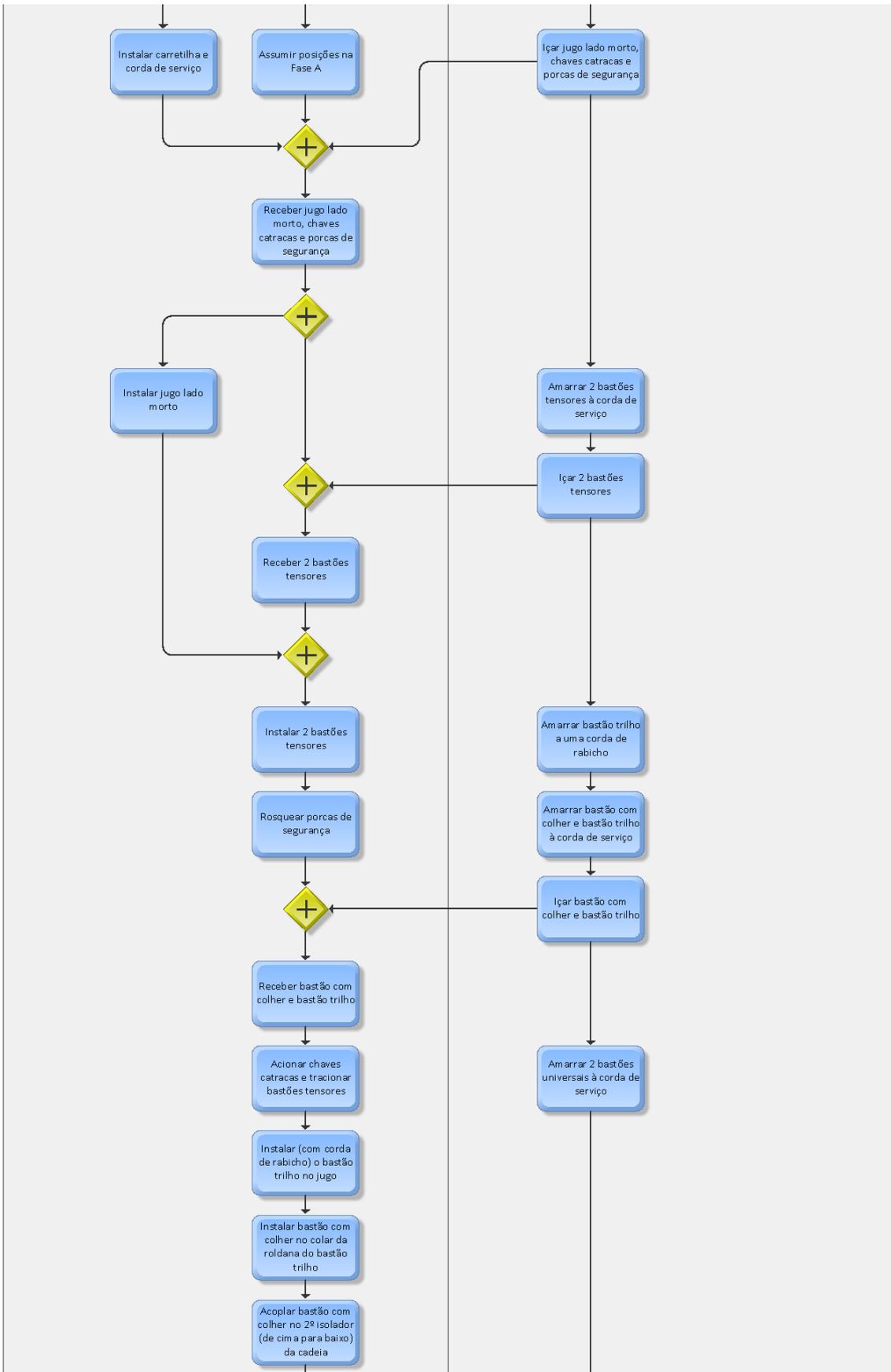


Figura 7-2 - Trabalho Prescrito (2/6)

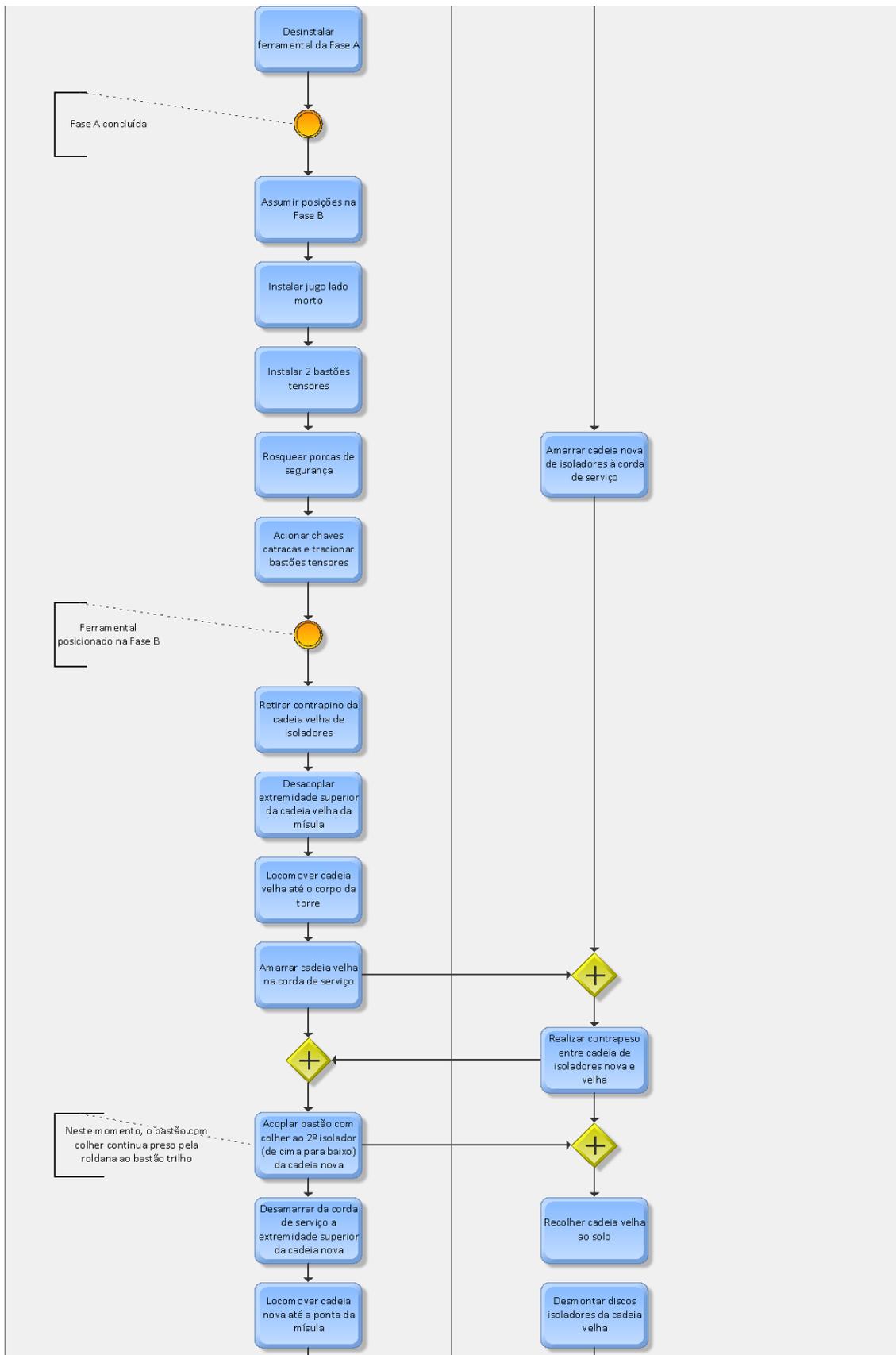


Figura 7-4 - Trabalho Prescrito (4/6)

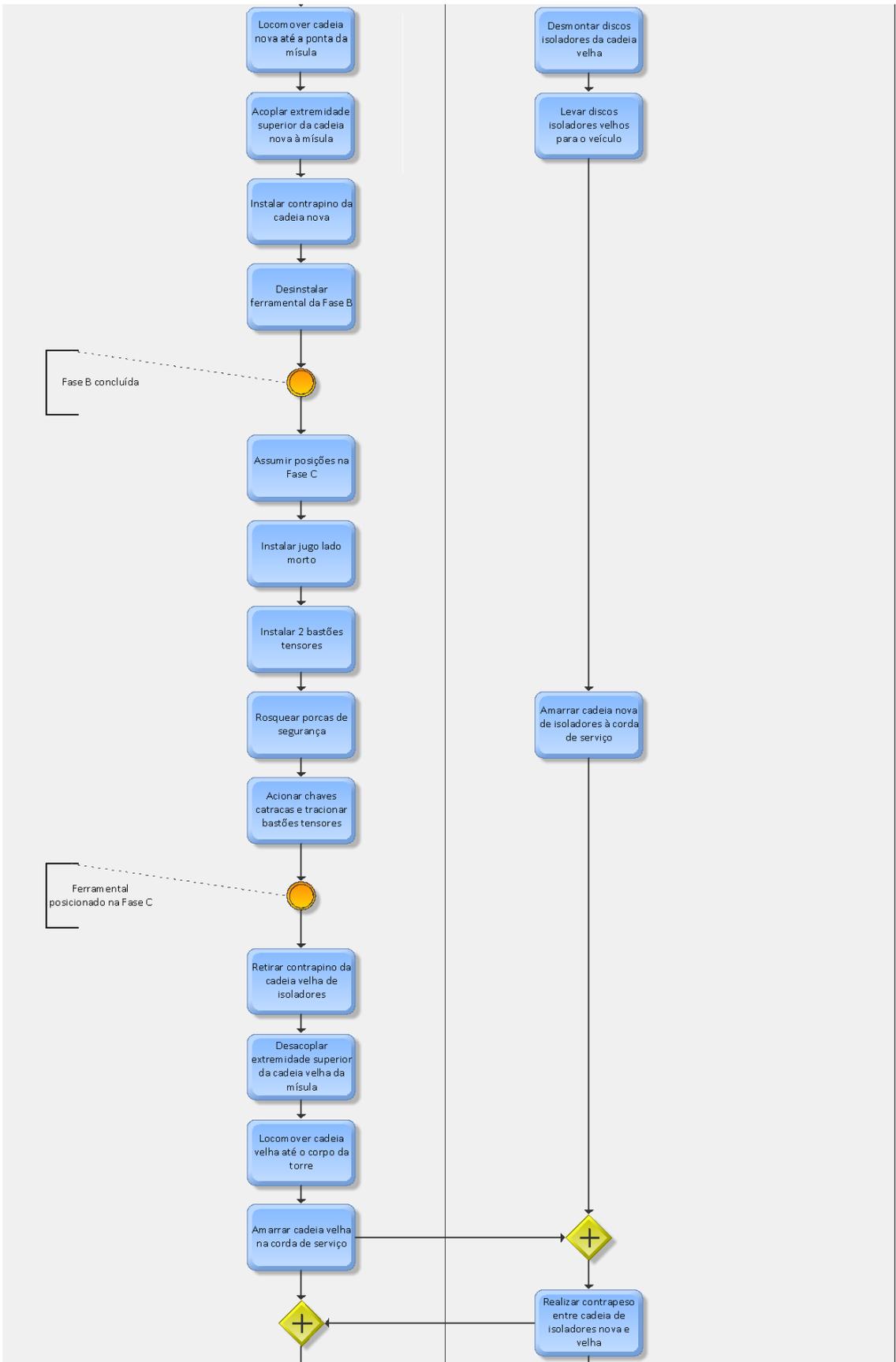


Figura 7-5 - Trabalho Prescrito (5/6)

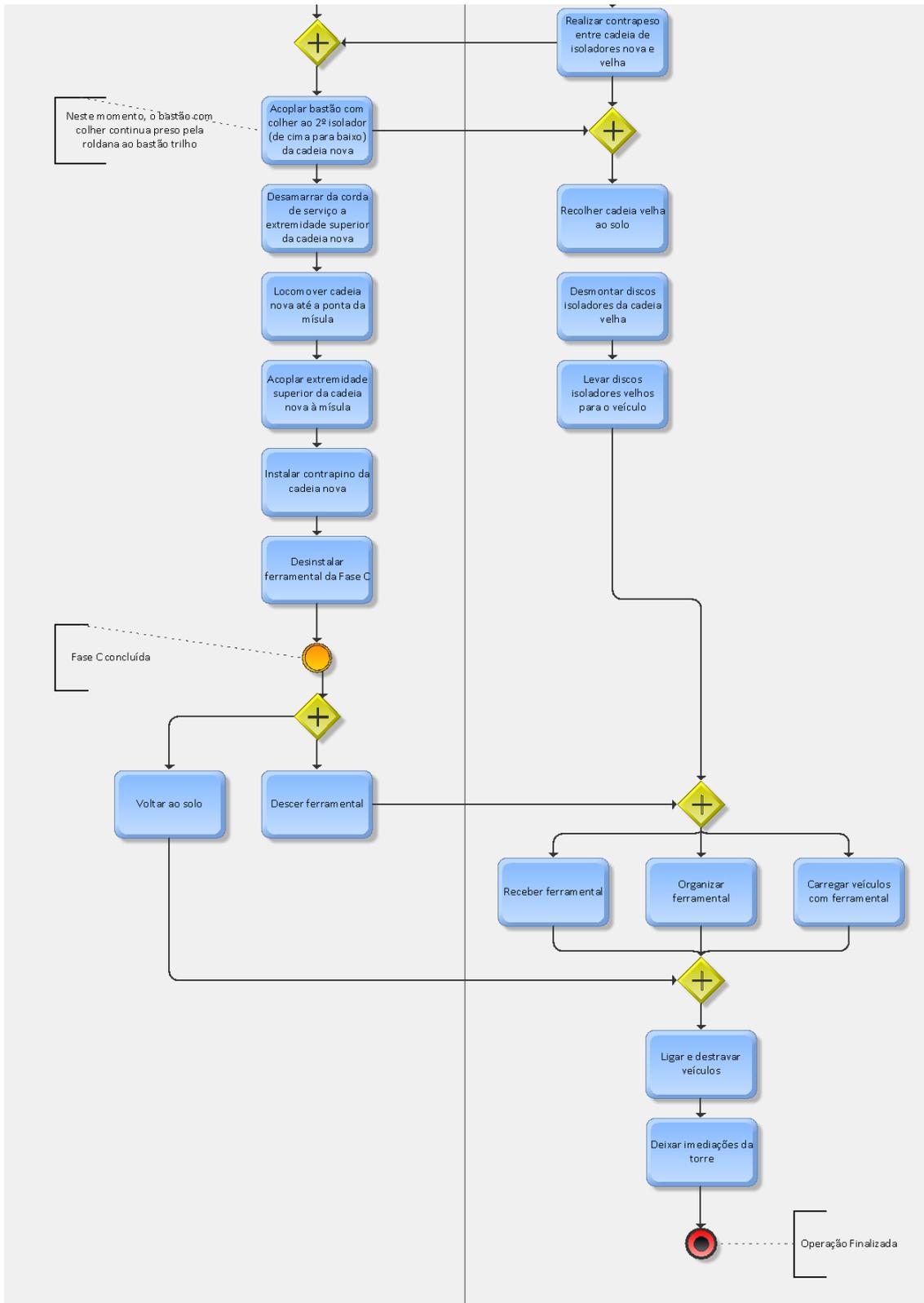


Figura 7-6 - Trabalho Prescrito (6/6)

O trabalho real é mostrado no modelo nas imagens entre a Figura 7-7 e Figura 7-14.

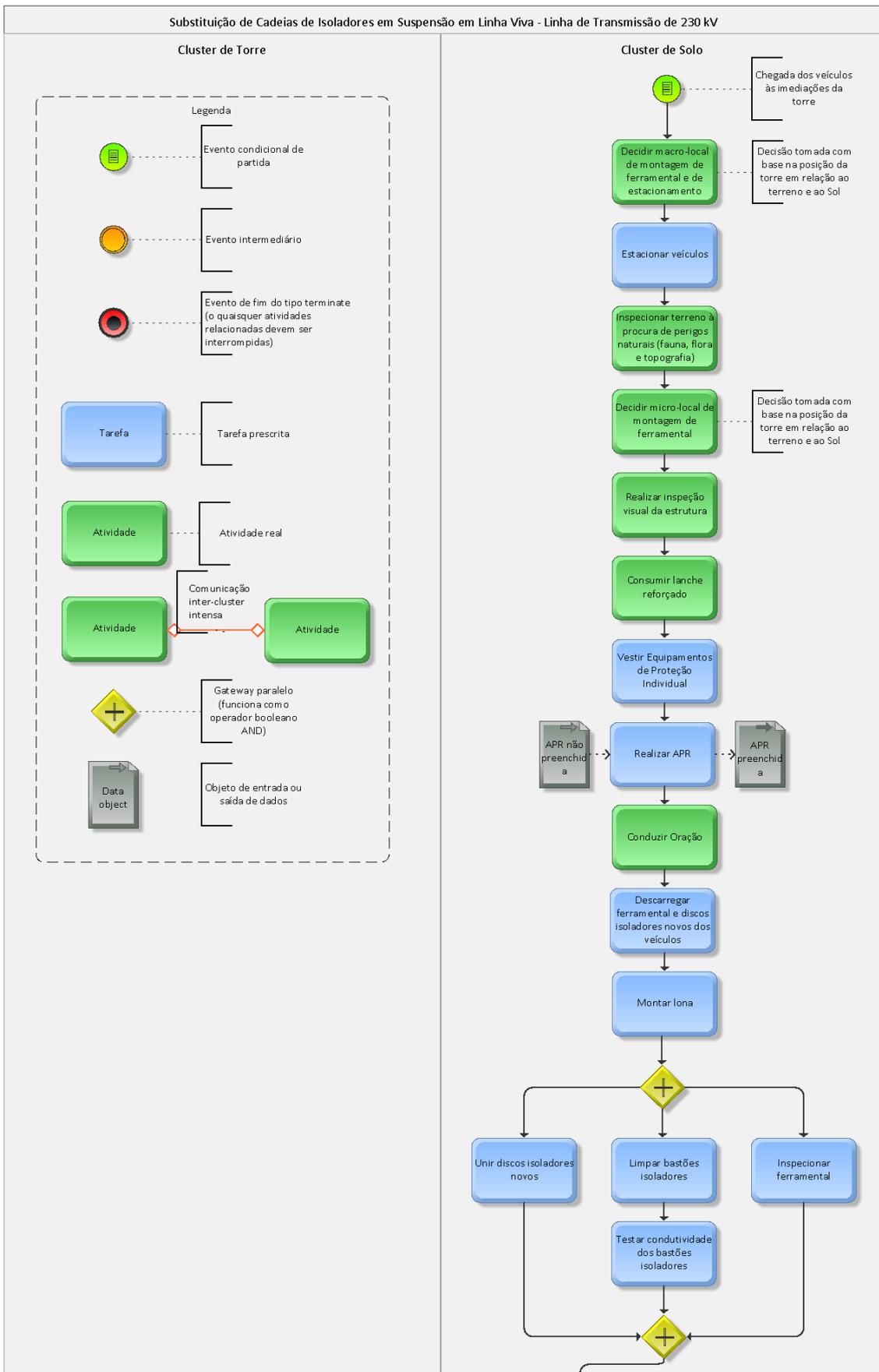


Figura 7-7 - Trabalho Real (1/8)

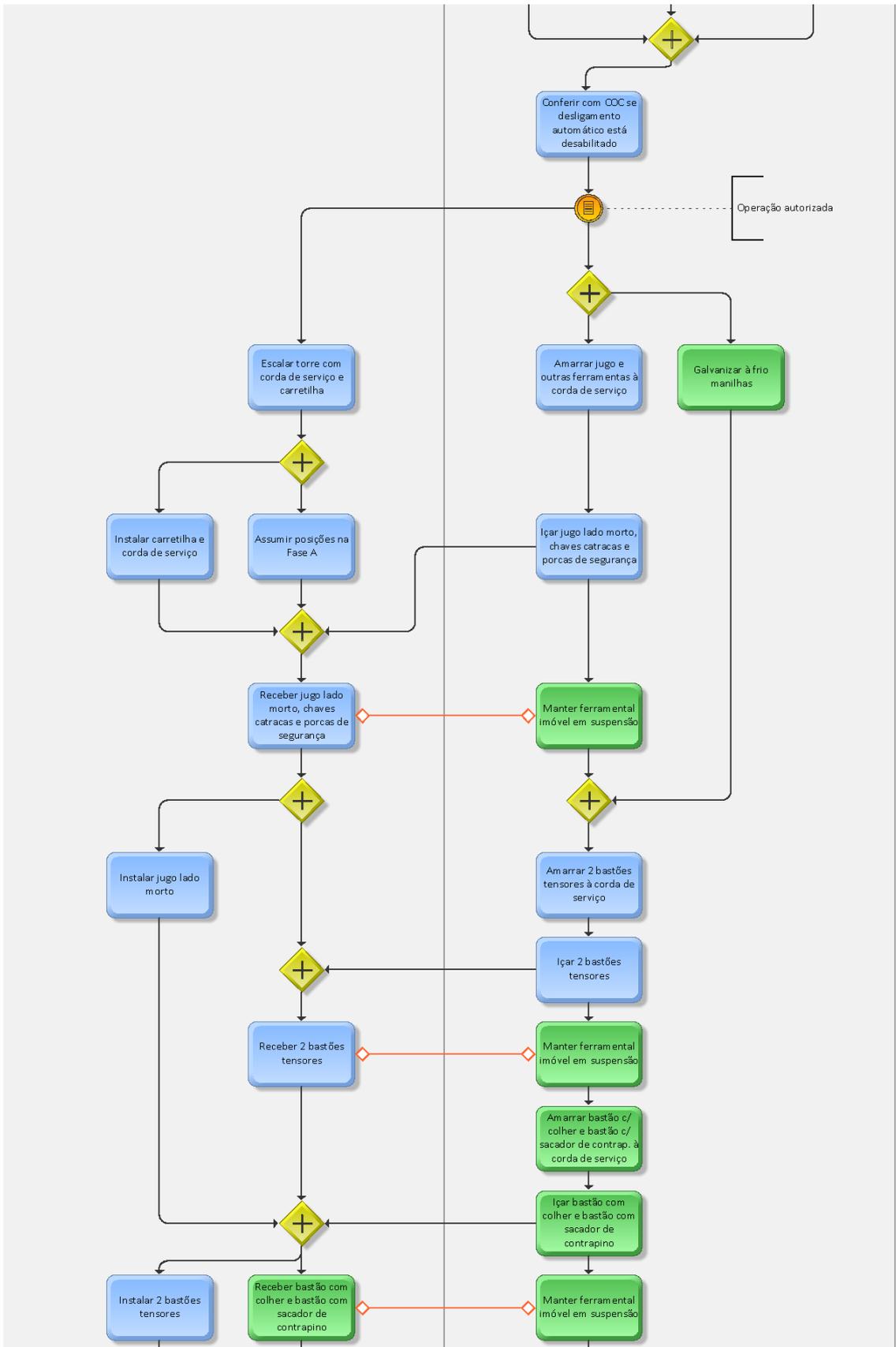


Figura 7-8 - Trabalho Real (2/8)

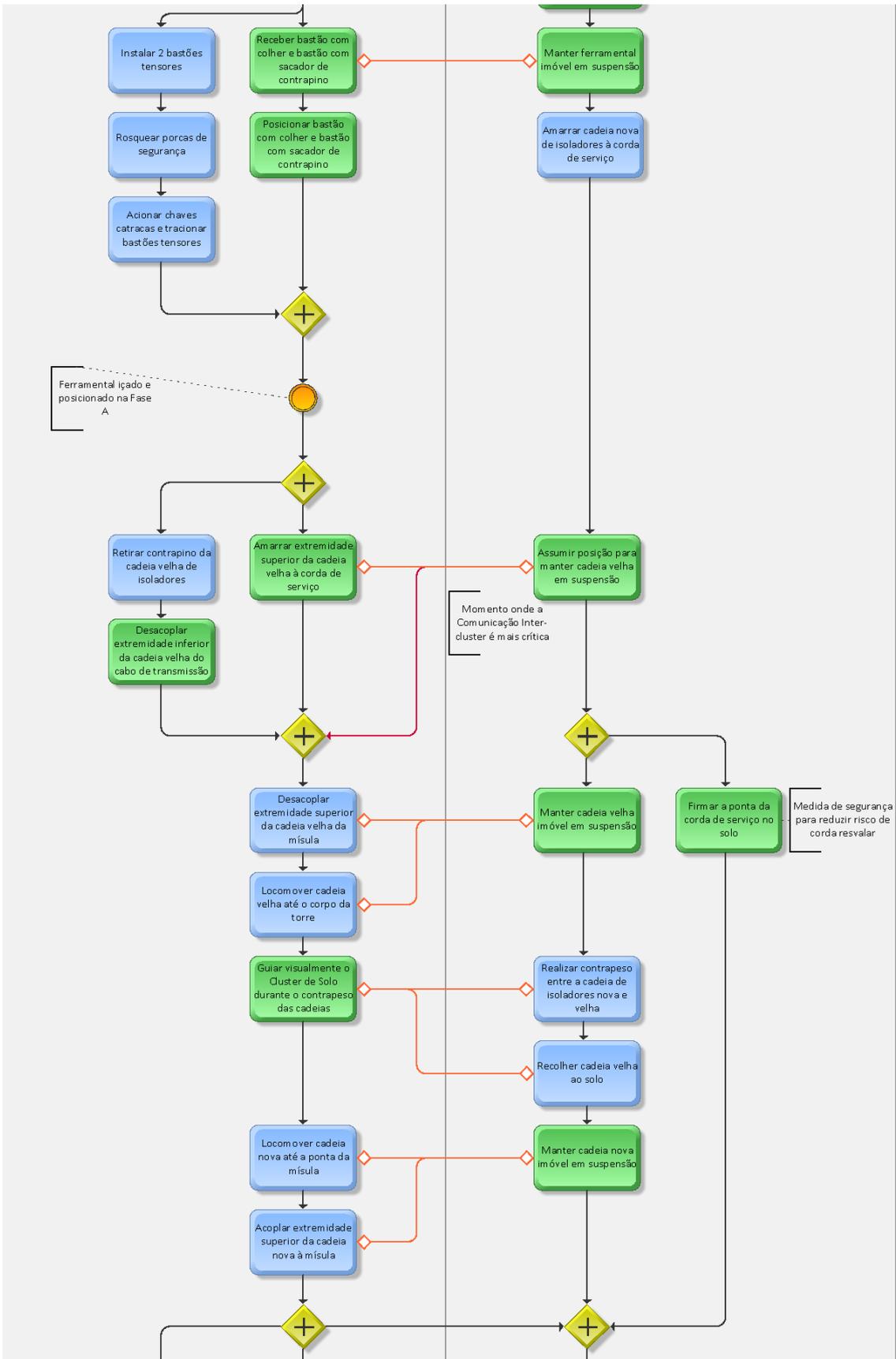


Figura 7-9 - Trabalho Real (3/8)

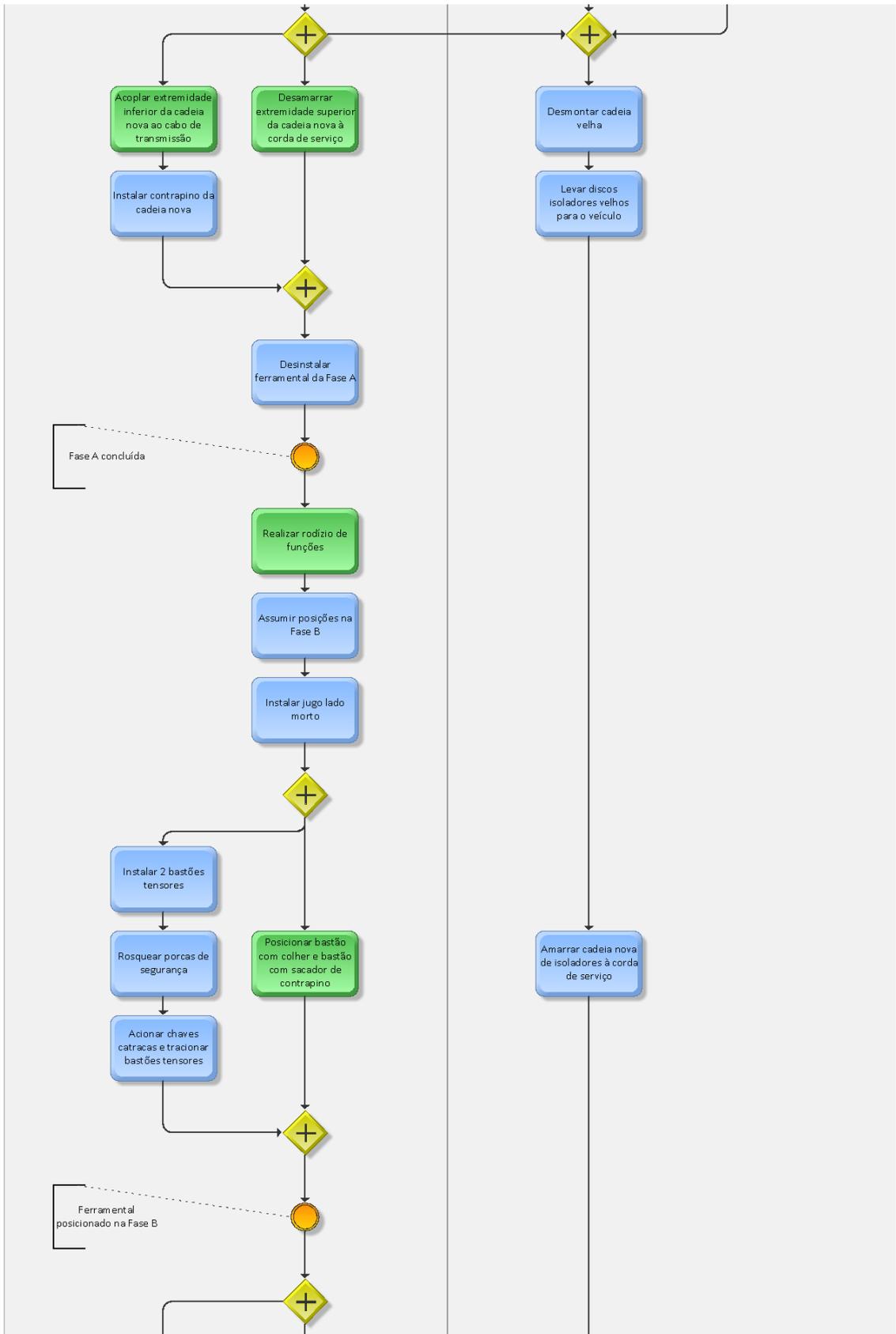


Figura 7-10 - Trabalho Real (4/8)

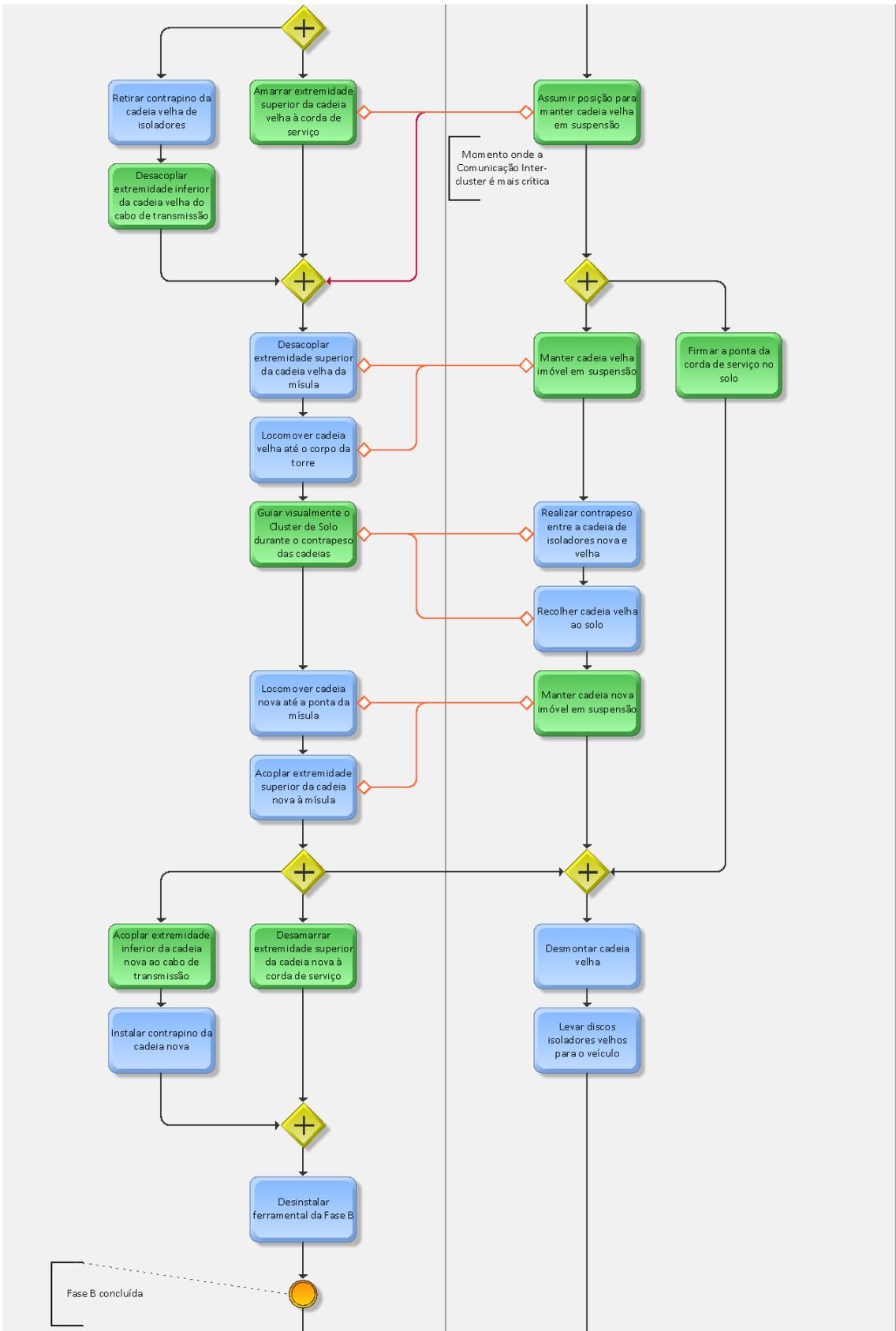


Figura 7-11 - Trabalho Real (5/8)

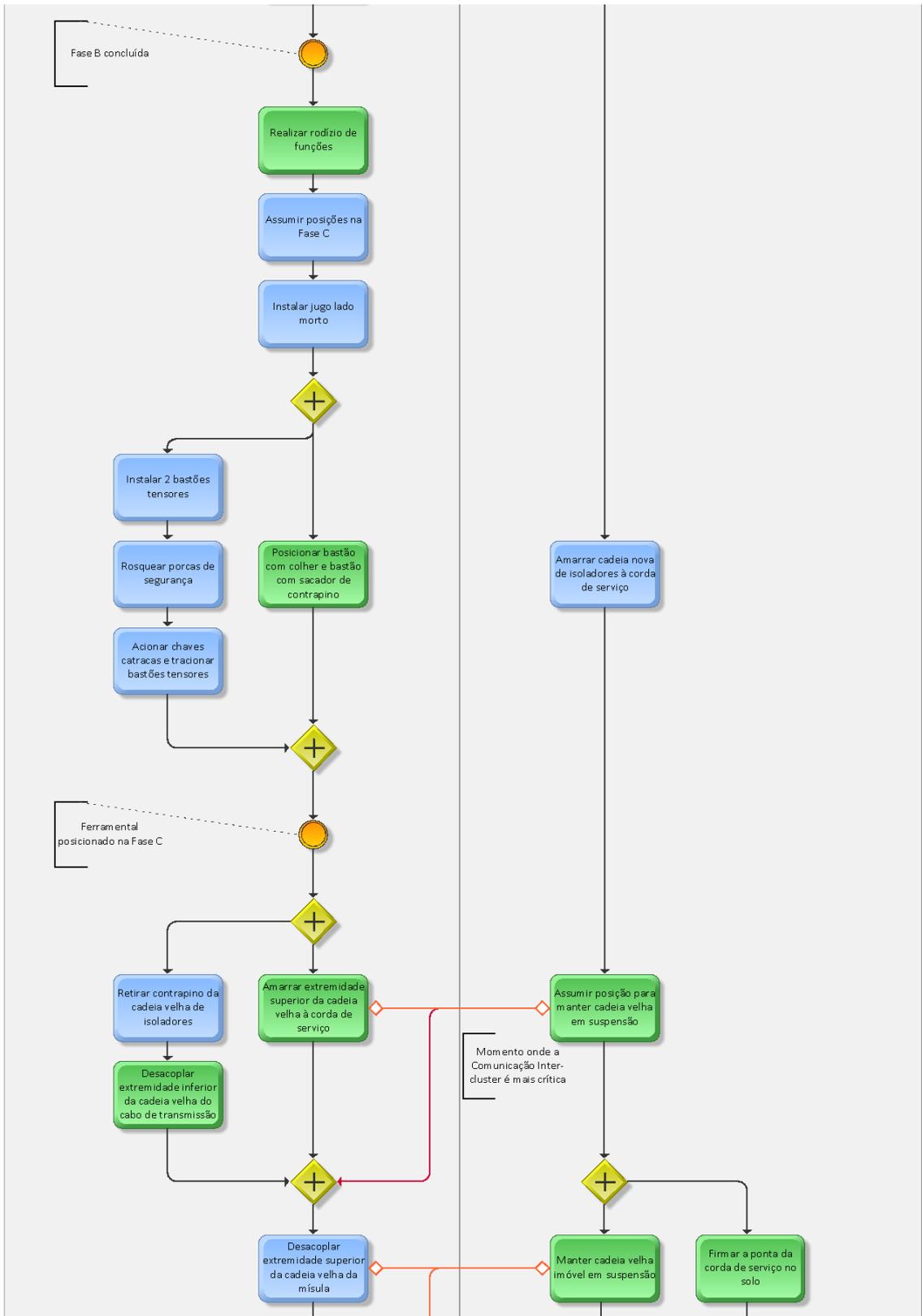


Figura 7-12 - Trabalho Real (6/8)

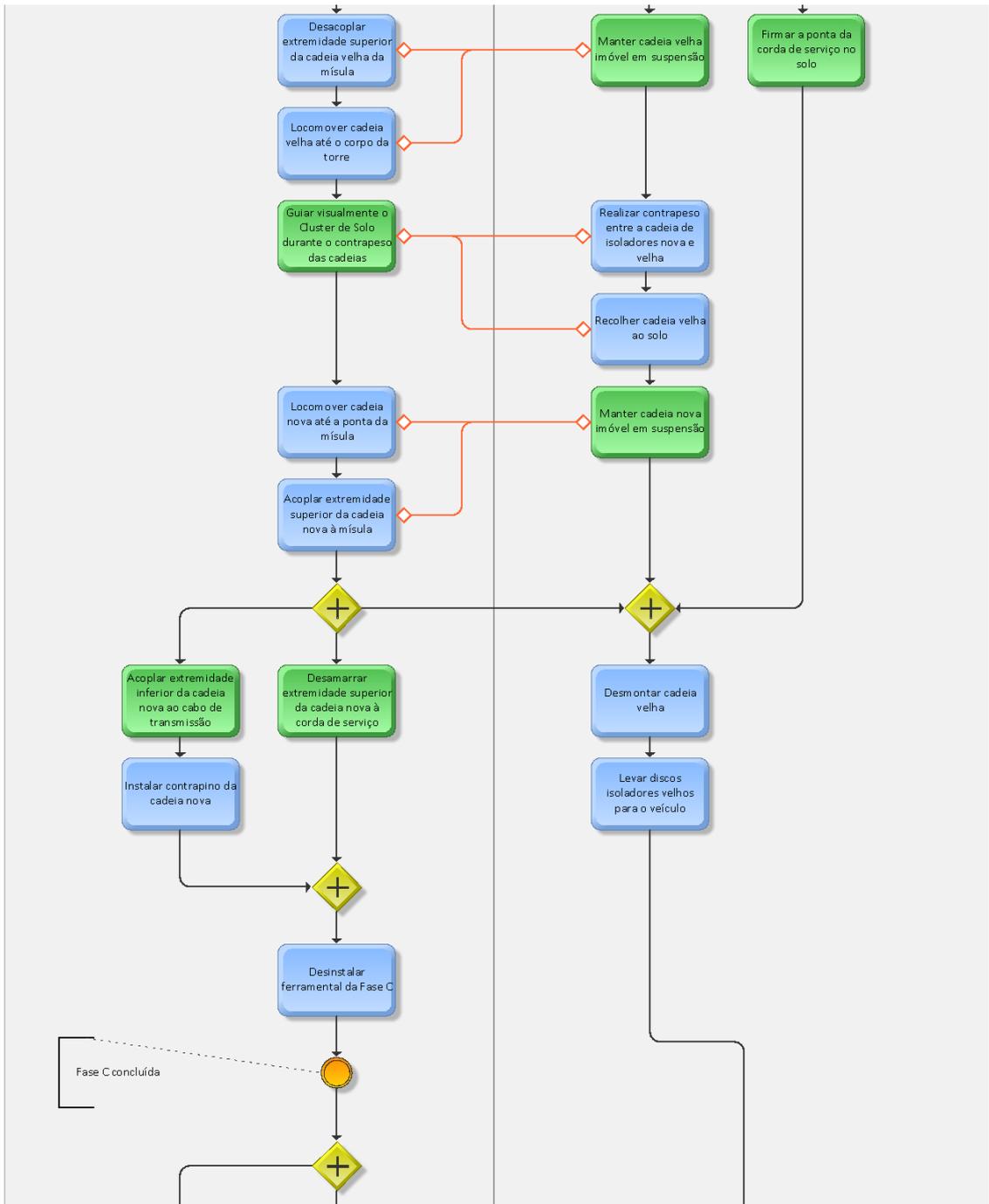


Figura 7-13 - Trabalho Real (7/8)

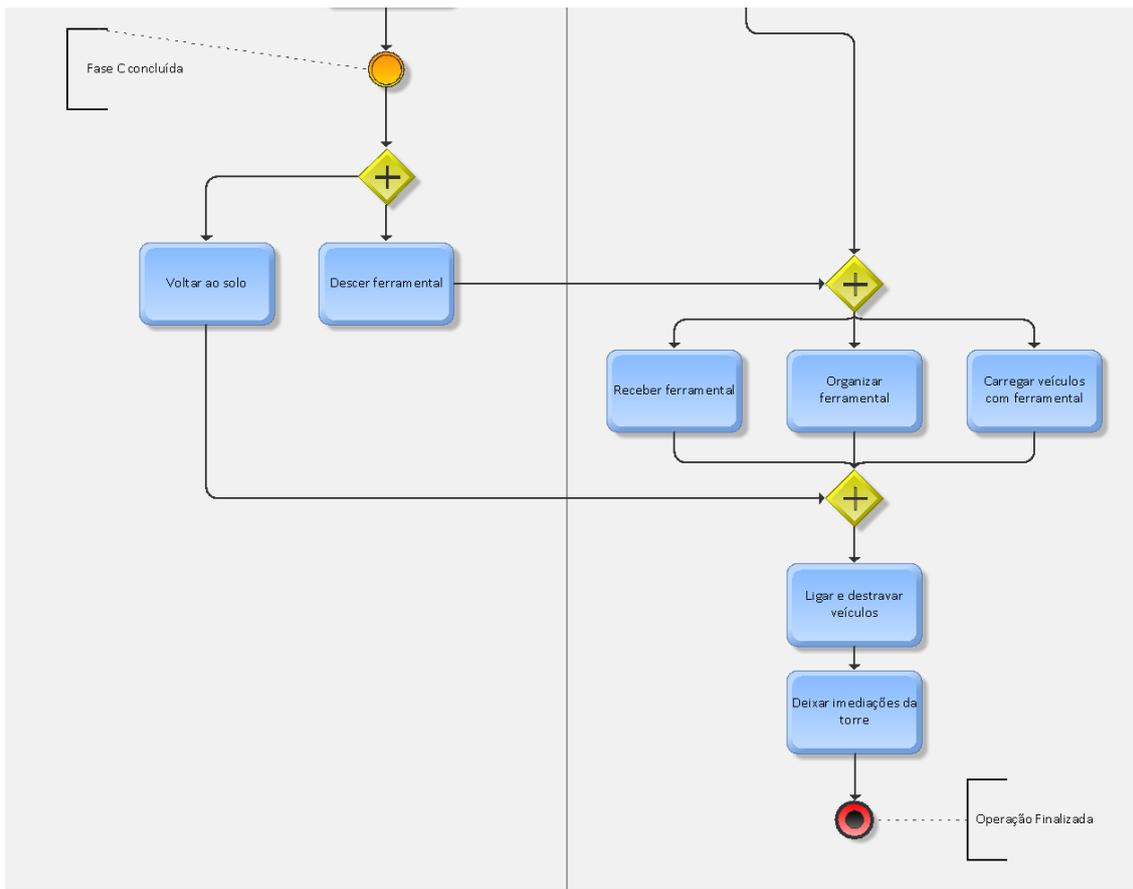


Figura 7-14 - Trabalho Real (8/8)

Ao analisarmos o procedimento do trabalho, comparando a tarefa prescrita com a tarefa real, percebemos significativa diferença na riqueza da operação. A partir deste contraste, destacam-se três pontos na tarefa real:

- **Núcleos de microdecisões.** Percebe-se uma concentração de microdecisões operativas em algumas etapas do processo de trabalho, como no momento da chegada às imediações da torre (em termos do local de montagem do ferramental de forma a maximizar a visibilidade, eficiência e segurança da operação; e do nivelamento do terreno para garantir a segurança do cluster de solo) e no momento da desacoplagem da cadeia de isoladores velha (a decisão de “entregar” o peso da cadeia para o cluster de solo);
- **Paralelismo de atividades.** A tarefa real, realizada com efetivo mais enxuto e sob pressão de tempo não desprezível (em alguns dias, é necessário realizar intervenções em quatro torres antes do almoço), é adaptada a partir da prescrição para acomodar etapas sendo executadas

em paralelo. Esta estratégia é acionada principalmente durante o recebimento e instalação dos bastões isoladores, e durante o desacoplamento da cadeia;

- **Núcelos de comunicação inter-cluster.** Apesar de ser sequer ser mencionada na prescrição, verificou-se que a comunicação entre os dois clusters de trabalho, principalmente durante o contrapeso das cadeias de isoladores, é de vital importância para a segurança e prestação do serviço, visto que o efetivo é reduzido em relação ao previsto na documentação formal.

Ha uma intenção sempre presente de realizar o máximo número possível de atividades em paralelo, de forma desengargalar a operação. Além disso, estratégias sucintas para aprimorar a segurança, a salubridade ou o conforto na operação permeiam o trabalho real. Um exemplo emblemático deste comportamento é a adoção autônoma de rodízios pelo cluster de torre, nos moldes de uma célula de produção, o que reflete inclusive nas práticas de treinamento da gerência regional de João Pessoa (“aqui, todos têm que aprender a fazer tudo”). Outro exemplo menos implícito é a estratégia adotada para estacionar os veículos uma vez que alcance a torre alvo para execução da manutenção. É claro que procura-se, obviamente, estacioná-lo o mais perto possível que a distância de segurança permita da operação. Este algoritmo de decisão, entretanto, requer que a equipe escolha um macro-local aproximado de montagem da lona antes do estacionamento. Desta forma, ainda com o carro em movimento, os operadores avaliam a posição do Sol e deduzem qual será a melhor posição para a lona de forma a não haver ofuscamento da visão da torre pelo Sol, e portanto, qual será a melhor posição para estacionar o veículo.

Características intrínsecas e marcantes do trabalho real incluem efetivo reduzido no cluster de torre. Enquanto a prescrição estabelece 5 eletricitas para operá-lo, na prática ele é viabilizado por apenas 3. Disto implica a ausência de dois bastões isoladores na operação:

- O bastão trilho agregado à roldana dupla com colar para o bastão com colher, utilizado para segurar o peso da cadeia no trajeto mísula \leftrightarrow corpo da torre; e

- O bastão universal equalizador de potencial, utilizado para manter a cadeia no mesmo potencial da estrutura quando desconectada, evitando choques e desconforto aos eletricitas no cluster de torre.

Além dos prejuízos à saúde e conforto dos eletricitas no cluster de torre, esta mudança enseja uma consequência notável: após desacoplada, a cadeia estará ligada ao bastão com colher, mas seu peso terá que ser segurado pelo cluster de solo, em equilíbrio de suspensão até ela ser manobrada até o corpo da torre. Tal distanciamento em relação à prescrição possui as seguintes implicações para a operação:

- Esforços estáticos para os membros do cluster de solo, que precisam manter a cadeia de isoladores suspensa em uma certa altura enquanto o cluster de torre a afasta dos cabos;
- Esforços estáticos para os dois eletricitas de apoio (que não estão na ponta da mísula) do cluster de torre, pois estes têm que ajudar a manter a cadeia suspensa no ar e direcioná-la para ser arriada;
- Necessidade de contínua e precisa comunicação inter-cluster, para poder sincronizar o desacoplamento da cadeia (pelo cluster de torre) com o equilíbrio desta em suspensão no ar (pelo cluster de solo).

Em suma: no trabalho prescrito, a retirada da cadeia se dá inteiramente pelo cluster de torre. Já no trabalho real, a retirada da cadeia (e a segurança dos eletricitas durante essa manobra) é viabilizada pelo trabalho colaborativo dos dois clusters. O surgimento da comunicação inter-cluster como fruto do estudo do trabalho real é evidenciado pelos modelos de processos, onde se nota que os fluxos mais intensos deste tipo ocorrem sempre entre etapas que não foram prescritas (caixas verdes). A iniciativa dos eletricitas de incluir o atributo “Comunicação” nos temas do instrumento LICTA reflete ainda a consciência das equipes em relação à importância deste aspecto em seu trabalho.

Apesar do modo operatório adotado por este efetivo enxuto, que atribui mais participação ao cluster de solo, o cluster de torre ainda é o gargalo claro da operação. O cluster de solo incorre em vários momentos de espera durante a manutenção.

O grupo de etapas mais centrais da operação é a substituição propriamente dita da cadeia de isoladores, que possui três iterações em cada ciclo de trabalho (uma para

cada fase da linha de transmissão). No trabalho real, ao contrário da prescrição, estas etapas são realizadas segundo um modelo de colaboração entre os dois clusters de trabalho. Assim, a comunicação inter-cluster toma lugar de destaque na operação.

Em uma das manobras mais críticas, o cruzamento das cadeias de isoladores velha e nova em contrapeso no ar (Figura 7-16), é necessário evitar a todo custo o choque das mesmas com a estrutura da torre ou entre si.



Figura 7-15 - Içamento da cadeia de isoladores nova por contrapeso

Nesta circunstância, a cognição distribuída se faz presente e necessária, uma vez que a manobra para evitar o choque carece de uma interpretação visual que só pode ser obtida na prática mediante a comunicação inter-cluster direcionada a sincronizar as múltiplas perspectivas visuais presentes. Esta dinâmica é esquematizada na Figura 7-16.

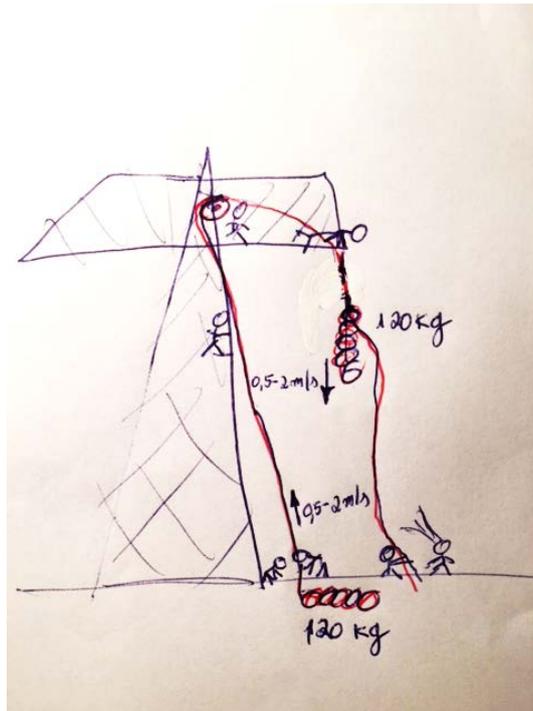


Figura 7-16 –Içamento da cadeia de isoladores nova por contrapeso

Para reduzir a carga de trabalho física, cognitiva e organizacional (Figura 7-17), os membros do cluster de torre realizam um rodízio de funções, trocando de posição a cada fase, ou seja, a cada cadeia de isoladores substituída.



Figura 7-17 - Carga de trabalho no cluster de torre

O registro da variabilidade na substituição de cadeias de isoladores em linha viva pode ser visto entre a Tabela 7-1 e a Tabela 7-3.

Tabela 7-1 - Registro da Variabilidade (1/3)

Variação ou Intercorrência	Obs erv. X Relatad. [O/ R]	Frequência (se observada) [# vezes]				Momento de Afloramento [Etapa no Curso-da-Ação]	Gerou CINTRAC & CINTERC? (se observada)				Depoimento sobre a Gestão da Variabilidade			Regulação	Que Clusters fazem a regulação?	Duração Média das Ativ. Vicar. [min]	Engenheiro ou Arquiteto? (S/ N)	Equipamento? (S/ N)
		Dia		Torre			Intra [T/S]	Fala Operatória	Inter [T/S]	Fala Operatória	Depoente	[Dia.Foi ha.R/M]						
		1	2	1A	1B								1C					
Venda de propriedade rural cruzada por linha de transmissão	R					Chegada à torre				Ronildo	Quando vende a propriedade pra outra pessoa temos sempre problemas	LICTA Ronildo	X	X			S	N
Construção de cerca inviabilizando acesso	R					Chegada à torre				Ronildo	Não corto cerca, pois isso é invasão. Relato que o acesso está fechado	LICTA Ronildo	X	X			S	N
Encontro com animal peçonhento	R					Inspeção do terreno				Geraldo	Quando chegamos, observamos o terreno e, se tiver animal peçonhento, matamos com pau	LICTA Geraldo	X	X			S	S
Presença de buraco no terreno	R					Inspeção do terreno				Geraldo	Se tem buraco, pode resvalar o pé, e aí tem que achar lugar melhor pra montar o material, às vezes mudar com picareta e pá, vai gente lá olhar antes	LICTA Geraldo	X	X			S	S
Bastão isolador é reprovado no teste de condução de corrente	R					Teste dos bastões isoladores				Geraldo	Se algum bastão reprovou no Ritz, temos que voltar pra casa se não tivermos o reserva já ali no carro	LICTA Geraldo	X	X			S	S
Acesso à torre se deteriorou e impede a passagem do veículo	R					Chegada à torre				Paulo	Às vezes tem que contratar escavadeira para refazer a estrada	LICTA Paulo	X	X			S	N
Disco de isolador estoura durante a substituição da cadeia, lançando projéteis de vidro que ferem olho de operador que não estava usando óculos	R					Desacoplar extremidade superior da cadeia velha da mísula				Paulo	NA NTE, o vidro dos isoladores é ruim, estoura e já furou olho de uma pessoa que não estava com óculos lá em cima na torre	LICTA Paulo	X	X			S	S
Necessidade de trocar concha da cadeia	R					Assim que saem do veículo (antes da APR)				Ronildo	Se percebemos que concha não está boa, temos que fazer LV ao potencial, com roupa condutiva	11.08	X	X			S	S
Necessidade de cobrir 4 torres em um dia	R					Início do dia?				Juninho	Se precisasse matar 4 torres hoje, a gente matava, mas só se muito necessário, porque cansa muito	11.02	X	X			S	S
Chuva ou umidade alta	R					Medição de umidade				Fábio	Ontem choveu, umidade tava alta, fizemos apenas 2 torres	11.02	X	X				S

Tabela 7-2 - Registro da Variabilidade (2/3)

Variação ou Intercorrência	Obs erv. X	Frequência (se observada) [# vezes]				Momento de Afloramento [Etapa no Curso-da-Ação]	Gerou CINTRAC & CINTERC? Primeira falha veio do Cluster de Torre ou de Solo? (se observada)				Depoimento sobre a Gestão da Variabilidade			Regulação	Que Cluster faz a regulação? T S	Duração Média das Ativ. Vicar. [min]	Engargalou? (S/N)	Equip. esta Prep.?
		Torre		2B			Intra [T/S]	Fala Operatória	Inter [T/S]	Fala Operatória	Depoente	[" "]	[Dia.Folha.R/M]					
		1A	1B	1C	2A													
Corda de serviço (de polidracon) grande demais	O	X				Amarrar Jugo à corda	S	[Márc] Essa corda isoladora tá grande demais [Jun] Troca, troca ela					Trocar corda	X	1	N	S	
Bastões tensores engancham na estrutura	O	X				Içar 2 bastões tensores	S	[Fáb] Enrolou lá em cima o bastão					Desenrolar bastão	X	0.5	S	N	
Posição da lona atrapalha operação (mato estava alto e foi difícil achar lugar para colocar lona)	O	X				Içar bastão com colher e bastão com sacador	S	[Fáb] Traz a lona mais pra trás aqui					Reposicionar lona	X	0.5	S	N	
Corda engancha na estrutura enquanto sua posição é trocada	O	X				Assumir posições na Fase B		S	[Márc] Enganchou lá em cima, ó!				Desenganchar corda	X	0.5	S	N	
Cadeia prende na torre durante contrapeso	O	X				Realizar contrapeso entre cadeias (Fase B)							Desenganchar cadeia da torre	X	0.5	S	N	
Possieiro tinha mudado porteira e toco da porteira enganchou no pneu	O	X				Logo antes da terminar a operação							Aumentar o colchete (porteira) utilizando alicate	X	6	S	S	
Terreno em declive --> veículo foi estacionado longe da operação, atrapalhando ela	O	X				Levar isoladores para o veículo (Fase A)	S	[Fáb] Ó, o carro tá longe pra cacete. Tá tudo lá					Carregar 6 discos por vez em vez de 4, para fazer menos viagens	X	8	S	N	
Eletricistas no cluster de torre com sede	O	X				Antes de Desinstalar Ferramental da Fase B		T	[T] Água, por favor! [S] Querem água?			11.05	Içar garrafa d'água aérea para cluster de torre beber	X	9	S	S	
Cai capacitete de um dos eletricitistas do cluster de torre	O		X			Amarrar extremidade superior da cadeia velha A corda de serviço - Fase B							Içar capacitete de volta ao cluster de torre	X	2	S	N	
Local da torre é ermo, nem tel satelital tem sinal, dificuldade para conseguir falar com COC e ter linha liberada	O			X		Conferir com COC se desligamento automático está desabilitado						12.01	Dirigir até local onde telefone satelital tem sinal	X	8	S	N	
Testador portátil de bastões isolantes descalibrado	O			X		Testar condutividade dos bastões isoladores							Calibrar o testador portátil	X	9	S	S	

Tabela 7-3 - Registro da Variabilidade (3/3)

Variação ou Intercorrência	Obs. env. X	Frequência (se observada) (# vezes / Dia)				Momento de Afloramento [Etapa no Curso-da-Ação]	Gerou CINTRAC & CINTERC? (se observada)			Depoimento sobre a Gestão da Variabilidade		Regulação	Que Cluster faz a regulação?	Duração Média das Atív. Vicar. [min]	Equip. Engargalou? (S/N)			
		1 Torre	2 Torre	1A	1B		1C	2A	2B	Intra [T/S]	Fala Operatória					Inter [T/S]	Fala Operatória	Depoente
Operação se consolidou longe do veículo devido a questão de declive do terreno	O	X				Descer ferramental e cadeias de isoladores novas dos veículos								X	X	1	S	N
Corda de serviço se encontra torcida próximo à carretilha	O		X			Íçar bastão com colher e bastão com sacador			S		• [Márc] Tá liberado aqui, tem que tirar a laçada. Distorce isso aí, que tá pesado demais			X		3	S	N
Elétricistas no cluster de torre com sede	O		X			Instalar Jugo lado morto (Fase B)			T		• [Jun] Manda uma água aí pra nós			X	X	4	S	S
Cadeias de isoladores em contrapeso se engancharam	O		X			Realizar contrapeso entre cadeias (Fase B)			S		• [Ron] Olha a distância aí, a caruca!			X	X	1	S	N
Bastões tensores mal posicionados na misula --> dificuldade de ângulo de trabalho para instalar contrapino	O		X			Instalar contrapino da cadeia nova			T		• Arreia um pouquinho. Isso aí, parou, parou!			X		7	S	N
Cadeia velha tem apenas 15 isoladores --> Indecisão sobre repor 15 ou 16 isoladores	O				X	Instalar 2 bastões tensores								X	X	15	S	N
Bastões isoladores igados não são compatíveis com distância da misula ao cabo	O		X			Instalar 2 bastões tensores								X	X	15	S	N
Cadeia velha tem 17 isoladores --> indecisão sobre repor 17 ou 16 isoladores	O				X	Instalar 2 bastões tensores								X	X	15	S	N

7.4.1 Enfoque de Problema: Comunicação Inter-cluster

A etapa de sistematização nos possibilitou o acréscimo de evidências ao problema da dificuldade de comunicação inter-cluster, revelado preliminarmente no pré-diagnóstico (Apêndice II). e enriquecer o quadro, mostrado na Tabela 7-4.

Tabela 7-4 - Sistematização da Dificuldade de comunicação inter-cluster

Problema (Aspecto)	Descrição	Exigências	Evidências
Dificuldade de Comunicação entre cluster de solo e cluster de torre	Não há uma solução adotada para facilitar a comunicação verbal entre os dois clusters de trabalho, que distam entre 20 a 40 metros. A estratégia adotada para tentar vencer distância e o ruído ambiente - aumentar o volume da voz - se mostra pouco eficiente, e isto é mais evidente quando a variabilidade no trabalho se manifesta mais intensamente, tornando necessária a comunicação inter-cluster	<ul style="list-style-type: none"> • Compreensão Auditiva • Fonação • Raciocínio 	<ul style="list-style-type: none"> • Destaque da comunicação inter-cluster no processo de trabalho quando comparadas tarefa prescrita x atividade • Auferição em tempo real, junto ao cluster de solo, da dificuldade de entendimento das informações provenientes do cluster de torre • Observação de diversos marcadores de comunicação residuais na comunicação inter-cluster, com efeitos sobre o tempo de execução da operação • No início da operação, assim que cluster de torre assume posição e prendem a carretilha à torre, balançam a corda para indicar que içamento dos bastões pode começar (comunicação não-verbal que pode trazer riscos à segurança caso ocorra um falso positivo) • Na última torre trabalhada no dia, quando percebe-se mais fadiga dos operadores, a comunicação intra-cluster permanece intensa mas a inter-cluster é sensivelmente reduzida (mesmo nos momentos críticos mapeados no modelo de processo) gerando potenciais perdas à resiliência do processo e portanto à sua segurança • Em uma das torres, quando ocorre uma indecisão do cluster de torre em relação ao número de isoladores a utilizar na cadeia nova, a única forma de debater durante vários minutos com o encarregado (que estava ao solo) é este escalar a torre

A comunicação inter-cluster acontece em circunstâncias diversas (algumas torres são menores, outras maiores; algumas vezes a voz tem de disputar espaço com ruídos no ambiente etc.), contudo as dificuldades de comunicação são recorrentes. Estas, mesmo em uma apreciação inicial, são uma tônica deste processo, e isso pode ser verificado na literatura (VIDAL, 1985). Não há uma solução instituída para facilitar a comunicação verbal entre os dois clusters de trabalho, que distam entre 20 a 40 metros (Figura 7-18). A estratégia adotada para tentar vencer distância e o ruído ambiente - aumentar o volume da voz - se mostra pouco eficiente, e isto é mais evidente quando a variabilidade no trabalho se manifesta mais intensamente, tornando imperativa a comunicação inter-cluster.



Figura 7-18 - Distância entre os clusters de trabalho em torre estaiada de médio porte

A Tabela 7-5 e a Tabela 7-6 classificam as perturbações e colocam em destaque aquelas que exercem influência sobre a comunicação inter-cluster.

Tabela 7-5 - Influência da Variabilidade na dificuldade de comunicação inter-cluster (1/2)

	Perturbação	Dificuldade de Comunicação Inter-Cluster	Regulação Observada	Boa-prática de Resiliência Proposta
Procedimento	Necessidade de trocar concha da cadeia	X	Realizar procedimento em potencial, com roupa condutiva	Dispor de roupa condutiva no veículo
	Necessidade de cobrir 4 torres em um dia	X	Apressar a operação para cobrir 4 torres antes do almoço	Reprojeto da organização do trabalho: flexibilização do plano de manutenção para acomodar janelas de ajuste
	Bastões tensores engancham na estrutura	X	Desenrolar bastão	Reprojeto de ferramental: sistema corda-carretilha
	Corda engancha na estrutura enquanto sua posição é trocada	X	Desenganchar corda	Reprojeto de ferramental: sistema corda-carretilha
	Cadeia prende na torre durante contrapeso	X	Desenganchar cadeia da torre	Reprojeto de ferramental: sistema corda-carretilha
	Cai capacete de um dos eletricitistas do cluster de torre	X	Içar capacete de volta ao cluster de torre	Reprojeto de ferramental: equipamentos de proteção individual
	Corda de serviço se encontra torcida próximo à carretilha	X	Distorcer corda de serviço	Reprojeto de ferramental: sistema corda-carretilha
	Cadeias de isoladores em contrapeso se engancharam	X	Desenganchar cadeias em contrapeso, emprego de mais um homem no solo, porém a ponta da corda fica com supensão	Reprojeto de Efetivo: necessidade de mais um eletricista no cluster de solo
	Bastões tensores mal posicionados na mísula --> dificuldade de ângulo de trabalho para instalar contrapino		<ul style="list-style-type: none"> Resposicionamento dos eletricitistas no cluster de torre Teste dos bastões tensores 	Reprojeto de Efetivo: necessidade de mais um eletricista no cluster de torre
Contexto	Bastão isolador é reprovado no teste de condução de corrente		Substituir bastão por outro sobressalente	Dispor de bastões isoladores sobressalentes
	Disco de isolador estoura durante a substituição da cadeia, lançando projéteis de vidro	X	Interrupção da operação e resgate em altura	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar óculos de proteção Dispor de kit de resgate em altura Substituir discos por novos de vidro de melhor qualidade ou poliméricos
	Corda de serviço (de polidracon) não está nos padrões de conformidade		Trocar corda	Dispor de corda reserva
	Testador portátil de bastões isolantes está descalibrado		Calibrar o testador portátil	Dispor do mini-bastão de teste para calibragem
	Cadeia velha tem apenas 15 isoladores --> indecisão sobre repor 15 ou 16 isoladores	X	<ul style="list-style-type: none"> Escalada de 4º eletricista e Conferência em altura no cluster de torre Içar binóculos Içar cadeia nova com apenas 15 isoladores 	<ul style="list-style-type: none"> Incorporar contagem de isoladores às inspeções visuais Aquisição de parafusos de regulagem sobressalentes
	Bastões isoladores içados não são compatíveis com distância da mísula ao cabo	X	<ul style="list-style-type: none"> Descer bastões tensores para regulá-los e içá-los novamente, um de cada vez 	<ul style="list-style-type: none"> Incorporar contagem de isoladores às inspeções visuais Dispor de mais de um tamanho de extensor rosqueado
	Cadeia velha tem 17 isoladores --> indecisão sobre repor 17 ou 16 isoladores	X	<ul style="list-style-type: none"> Escalada de 4º eletricista e Conferência em altura no cluster de torre Içar binóculos Içar cadeia nova com 17 isoladores Mais um homem para içar cadeia nova 	<ul style="list-style-type: none"> Incorporar contagem de isoladores às inspeções visuais Aquisição de parafusos de regulagem sobressalentes Reprojeto de Efetivo: necessidade de mais um eletricista no cluster de solo

Tabela 7-6 - Influência da Variabilidade na dificuldade de comunicação inter-cluster (2/2)

	Perturbação	Dificuldade de Comunicação Inter-Cluster	Regulação Observada	Boa-prática de Resiliência Proposta
Cenário	Presença de buraco no terreno		Matar animal peçonhento	Realizar inspeção do terreno na chegada ao campo
	Via de acesso à torre se deteriorou e impede a passagem do veículo		Encerrar a operação e relatar necessidade de reconstrução da via	Implementação de repositório de dados: módulo de mapeamento de vias de acesso
	Local da torre é ermo --> telefone satelital sem sinal --> dificuldade para confirmar liberação da linha junto a centro de controle		Dirigir até local onde telefone satelital tem sinal	Implementação de repositório de dados: módulo de mapeamento de sinal do telefone satelital
	Declive acentuado do terreno --> estacionamento do veículo longe da operação		<ul style="list-style-type: none"> • Manobrar carro para facilitar retirada e organização do ferramental • Carregar 6 discos por vez em vez de 4, para fazer menos viagens 	Disponibilizar garrafa d'água próximo à corda de serviço
Natureza	Encontro com animal peçonhento		Matar animal peçonhento	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar inspeção do terreno na chegada ao campo • Disponibilizar picareta e pá no veículo
	Chuva ou umidade alta		Cancelar operação a partir da torre onde umidade é acusada alta	Reprojeto da organização do trabalho: flexibilização do plano de manutenção para acomodar procedimentos-reserva
	Nível alto de vegetação --> montagem da lona longe da operação		Reposicionar lona	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de repositório de dados: módulo de mapeamento de crescimento de vegetação • Reprojeto da organização do trabalho: flexibilização do plano de manutenção para antecipar a operação em certas torres
	Eletricistas no cluster de torre com sede	X	Lçar garrafa d'água aérea para cluster de torre	Disponibilizar garrafa d'água próximo à corda de serviço
Conjuntura	Venda de propriedade rural cruzada por linha de transmissão		Desenvolver construção social com o novo proprietário da terreno	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de repositório de dados: módulo de mapeamento do relacionamento com proprietários • Estabelecer processo interno para entrear em contato com novos proprietários
	Construção de cerca inviabilizando acesso		Encerrar a operação e relatar bloqueio do acesso	Implementação de repositório de dados: módulo de mapeamento de vias de acesso
	Porteira modificada e toco da porteira engancha no pneu		Aumentar o colchete (porteira) utilizando alicate	Disponibilizar alicate mecânico e hidráulico no veículo

Com base no conhecimento adquirido até este ponto e nos impactos destas perturbações, sugerimos portanto como proposta de melhoria para este problema um comunicador vestível. A Tabela 7-7 aponta os desdobramentos desta proposta para os três eixos de aprimoramento do trabalho.

Tabela 7-7 - Proposta de melhoria para a comunicação inter-cluster

Enfoque	Problema	Dificuldade de comunicação entre cluster de solo e cluster de torre
	Proposta de Melhoria	Comunicadores vestíveis com microfone de lapela, resistentes aos efeitos indutivos da linha energizada
Eixos de Aprimoramento do Trabalho	Eixo dos Operadores	<ul style="list-style-type: none"> • Segurança: maior precisão na comunicação inter-cluster • Conforto: menor fadiga vocal e menor exigência de compreensão auditiva
	Eixo da Organização	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade: manutenção melhor executada • Confiabilidade: resultado mais previsível de cada ciclo de trabalho e maior resiliência da operação • Velocidade: supressão de resíduos na comunicação
	Eixo da Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade: linhas de transmissão mais confiáveis

7.5 Discussão

Em sistemas sociotécnicos complexos, é comum a ocorrência conjunta de afloramentos e auto-organização, e este quadro também se faz presente na manutenção de linhas de transmissão. Em especial, na substituição de cadeias de isoladores em linha viva, os dois clusters de trabalho produzem regulações coletivas de natureza intra ou inter-cluster. Nestes momentos, as ações dos eletricitistas são guiadas pelas informações oferecidas por seu posicionamento na operação (em termos físicos, cognitivos e organizacionais) e sua experiência anterior.

A análise dos resultados da pesquisa de campo nos levou a duas discussões. A primeira trata de uma primeira tentativa de formalização matemática para a eclosão de perturbações inéditas na manutenção de linhas de transmissão, quando consideradas duas situações de trabalho para o mesmo procedimento. A segunda enfoca uma sistematização para as fontes de variabilidade reveladas da empiria. A partir daí encadeamos os dois debates e concluímos o Apêndice III.

7.5.1 *Estrutura Analítica Tentativa para Eclosões Inéditas*

Em comparação com eclosões de perturbações-tipo já esperadas ou ao menos já conhecidas anteriormente, eclosões de perturbações inéditas em um mesmo

procedimento são potencialmente mais perigosas para o êxito da atividade de manutenção e para a segurança da equipe. Isso ocorre porque, para tais eclosões, os clusters de trabalho podem não possuir regulações estruturais já incorporadas em seus modos operatórios.

Em primeiro lugar, nota-se que, em muitos casos, a gestão da variabilidade precisa ser operacionalizada de forma coletiva, sob pena de degradação da segurança da organização do trabalho. Esta característica foi evidenciada pela necessidade de uma comunicação inter-cluster clara e precisa durante momentos críticos da operação.

O conhecimento adquirido na etapa de Reconhecimento, a observação do trabalho e os depoimentos dos eletricitistas convergiram para as seguintes assertivas:

- A Variabilidade é uma propriedade empiricamente conhecida pelos operadores e grande parte dos afloramentos advindos dela se encontram informalmente mapeados pelo efetivo operacional da transmissora. Por outro lado, a organização formal do trabalho não abrange mecanismos como mentefatos e sociofatos (MÁSCULO; VIDAL, 2011, cap. 20) direcionados a explicitar este conhecimento e integrá-lo à execução das atividades de manutenção;
- Perturbações inéditas são por definição mais imprevisíveis, podendo se tornar perigosas se incorrerem em variabilidade de ressonância;
- Perturbações inéditas (assim como as não inéditas) são geradas por mudanças na localização ou no instante da nova situação de trabalho.

Desta maneira, estando a situação de trabalho definida como o curso-da-ação de um procedimento sujeito a um contexto em coordenadas espaciais e temporais específicas (ver seção de Discussão do Apêndice II), a observação o conhecimento gerado até esta etapa na ação ergonômica nos permite traçar algumas tendências. Em primeiro lugar, a partir de uma situação de trabalho de referência S_1 , vamos considerar **a probabilidade de ocorrência de perturbações inéditas em S_2** , que também enseja o mesmo procedimento, porém em um local e instante no tempo distinto.

Neste caso, quanto maior o intervalo de tempo ou distância geográfica entre ambas as situações, maiores as chances de os trabalhadores experimentarem eclosões inéditas, *coeteris paribus*. No entanto, esta tendência nos parece ser decrescente tanto

em relação a intervalos de localização quanto de tempo, pois quanto mais distancia-se de uma situação de trabalho, mais chances possuem as perturbações ainda inéditas de deixarem de ser inéditas (i.e. eclodirem).

Um outro aspecto importante desta dinâmica é a constatação de que: (a) situações de trabalho não precisam apresentar os dois fatores para ensejarem a probabilidade de eclosões inéditas, ou seja, variações *solo* de intervalos de tempo ou de intervalos de espaço possuem derivadas positivas (porém sempre decrescentes); e (b) situações de trabalho que apresentem variações nos dois intervalos assumirão probabilidade maior de eclosões inéditas, *coeteris paribus*.

Para formalizar nossa formulação analítica tentativa, nomearemos então as seguintes variáveis:

- S_1 : Situação de trabalho 1, de coordenadas t_1 e s_1 , referente a um dado procedimento p ;
- S_2 : Situação de trabalho 2, de coordenadas t_2 e s_2 , referente ao mesmo procedimento p ;
- $\Delta t = t_2 - t_1$: Intervalo de tempo entre constituição de S_1 e S_2 ;
- $\Delta s = s_2 - s_1$: Intervalo de localização geográfica de S_1 e S_2 ;
- $P(V_I)$: Probabilidade de eclosão de ao menos uma perturbação inédita em S_2 em relação às perturbações afloradas em S_1 ;

Como decorrência da definição de situação de trabalho, e das reflexões agregado pela empiria no estudo de caso realizado, postulamos aqui que $P(V_I)$ é dependente de Δt e Δs , em uma relação inversamente proporcional, não linear e assintótica ao plano $P(V_I) = 1$. Podemos assim definir $P(V_I)$, em um Sistema Sociotécnico Complexo, como uma função do tipo:

$$P(V_I) = f(\Delta t, \Delta s) = \frac{-(k_1 \Delta t)^{-2/m} - (k_2 \Delta s)^{-2/n}}{2} + 1$$

$$\text{Onde } D(f) = \{\Delta t, \Delta s \in \mathbb{R} \mid \Delta t \geq 1 \text{ e } \Delta s \geq 1\} \quad \text{Im}(f) = [0; 1]$$

$$k_1, k_2, m, n \in \mathbb{Z}_+ \text{ e são parâmetros do sistema sociotécnico}$$

Podemos então representar a probabilidade de eclosões inéditas advindas da variabilidade em um gráfico de superfície (Figura 7-19):

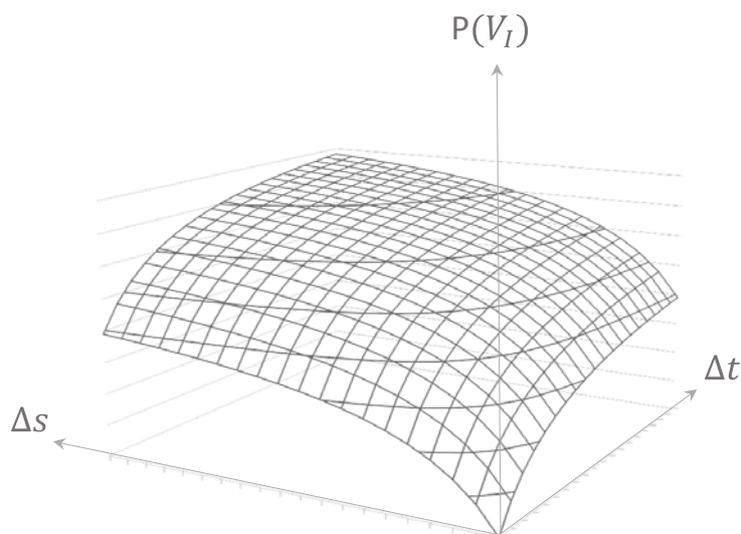


Figura 7-19 – Probabilidade de eclosões inéditas entre duas situações de trabalho em função de Δt e Δs (para $k_1 = k_2$ e $m = n$)

7.5.2 Fontes de Variabilidade na Manutenção de Linhas

O aprofundamento do estudo da gestão da variabilidade nos possibilitou também desenvolver a discussão apresentada no Apêndice II. A Tabela 7-8 detalha a influência de variações no tempo e na localização (para duas situações de trabalho de um mesmo procedimento) na eclosão de perturbações para três sistemas de trabalho bem delimitados e integrantes do leque de atribuições das equipes de linhas.

A variabilidade de cunho técnico & organizacional se diferencia das demais por um critério de governança. A organização do trabalho possui influência e ingerência tanto sobre a gestão das perturbações que afloram dos procedimentos e do contexto, quanto sobre a eclosão das mesmas. No entanto, eclosões advindas das outras fontes de variabilidade (Cenário, Natureza e Conjuntura) são independentes de ações da organização do trabalho, estando o escopo de atuação desta forçosamente restrito à gestão destas eclosões.

É importante ressaltar que na Tabela 6-5, influência “baixa” na manifestação da variabilidade deve ser entendida como a necessidade de grande Δt ou Δs (em média) para se observar eclosões advindas da variabilidade. Pode-se perceber que em atividades que ocorrem no âmbito de postos de trabalho e atividades de manutenção em ambiente construído, as fontes de variabilidade atuantes são minimizadas.

Esta tabela possibilita também identificar com precisão o ponto-chave responsável pela menor aderência de ferramentas de focalização (como a desenvolvida no Apêndice II) à análise do trabalho de manutenção frente àquela no âmbito de postos de trabalho. Trata-se das eclosões de variações e intercorrências referentes ao contexto e ao entorno, influenciadas por Δt e Δs .

Tabela 7-8 – Manifestação da Variabilidade em três sistemas de trabalho

Legenda: (N/A) Não se Aplica / (D) Desprezível / (B) Baixa / (A) Alta

Pregância da Variabilidade	Perturbações	Fontes de Variabilidade	Descrição	Exemplos na Manutenção de Linhas de Transmissão	Posto de Trabalho		Manutenção em Espaço Construído		Manutenção a Céu Aberto	
					$\Delta t_i \neq 0$	$\Delta s_j \cong 0$	$\Delta t_i \neq 0$	$\Delta s_j \neq 0$	$\Delta t_i \neq 0$	$\Delta s_j \neq 0$
Procedimentos	Disfunções	Organizacional	Curso-da-ção, instalações, ferramental, equipamentos de proteção individual e coletiva, cultura institucional e organização do trabalho	<ul style="list-style-type: none"> Falha na execução da manobra Efetivo reduzido Registro impreciso de documentação 	A	N/A	A	A	A	A
					B	N/A	B	A	B	A
Contexto	Desarranjos	Cenário	Localização-tipo, incluindo características topográficas e hidrologias	<ul style="list-style-type: none"> Erro de projeto de torre Veículo enguiçado Ferramenta defeituosa 	D	N/A	D	D	B	A
					D	N/A	D	D	A	A
Entorno	Intercorrências	Natureza	Desdobramentos do ambiente natural, fenômenos climatológicos e aspectos do bioma circundante	<ul style="list-style-type: none"> Tempestade Encontro com animal peçonhento Crescimento anormal de vegetação 	D	N/A	D	D	A	A
					D	N/A	D	D	B	A
		Conjuntura	Momento histórico-socioeconômico, comportamento humano	<ul style="list-style-type: none"> Interlocução com fazendeiros Assentamentos do MST Construção de benfeitorias 	D	N/A	D	D	B	A

7.5.3 A Organização do Trabalho e a Manifestação da Variabilidade

A análise do trabalho na manutenção de linhas de transmissão através do framework de sistemas complexos nos permite estabelecer vínculos entre a organização do trabalho e a potencialização de eclosões oriundas das quatro fontes de variabilidade.

Em primeiro lugar, a Figura 7-20 mostra como os eletricitistas possuem atribuições em toda a gama de trabalho. Em segundo lugar, nota-se que maior exposição do contexto de trabalho estimula o afloramento de variações decorrentes das fontes de variabilidade Cenário, Natureza e Conjuntura. Pode-se perceber também como as atividades das equipes de linhas contemplam toda esta gama de espaços-tipo de trabalho.

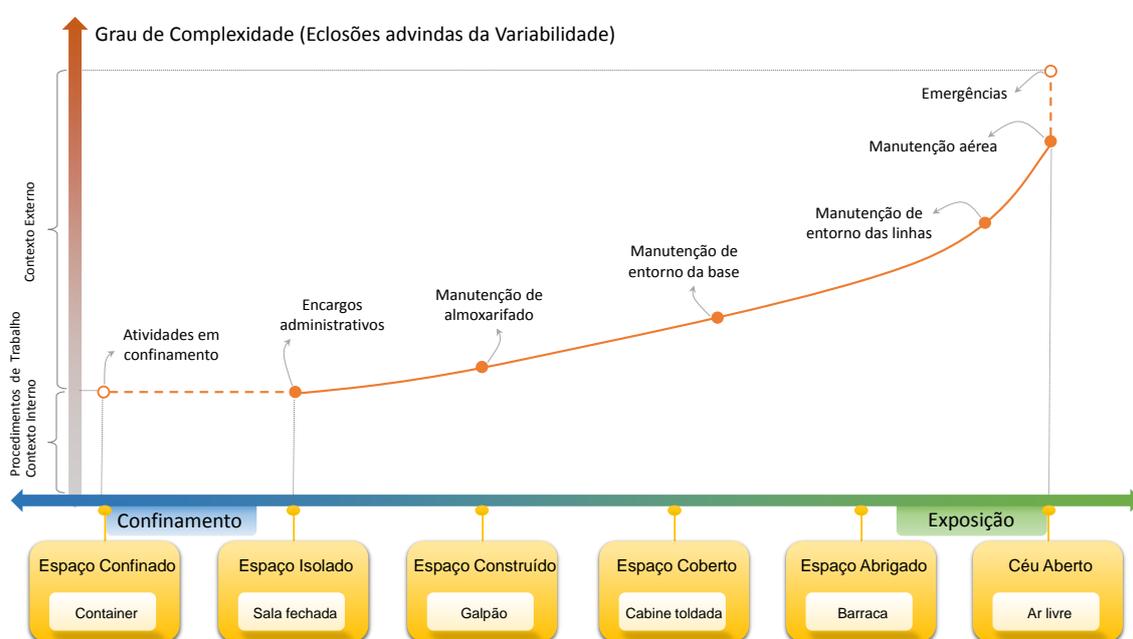


Figura 7-20 – Manifestação da Variabilidade em função do espaço de trabalho

É possível assim categorizar os vários processos de trabalho pela intensidade da manifestação da complexidade (aqui, dentro de uma lógica *coeteris paribus*, reduzida ao afloramento de perturbações). A seguir são apresentados os grupos de atividades-tipo (e respectivos exemplos de processos) por ordem decrescente deste grau de complexidade:

1. **Emergências:** combate a incêndios, acidentes de trabalho, interrupção da transmissão devido a vandalismo ou à queda de torres, construção de estruturas provisórias, enfrentamento de enchentes etc.;

2. **Manutenção aérea:** atividades envolvendo cluster de torre, como inspeção especial, substituição de cadeias de isoladores e espaçadores em linha viva, mutirões em linha desligada etc.;
3. **Manutenção de entorno de linhas de transmissão:** inspeção visual, retensionamento de estais, supressão de vegetação, medição de resistência de aterramento, manutenção de acessos etc.;
4. **Manutenção de entorno da base operacional:** reparo de veículos (caminhonetes, caminhões guindalto, caminhões de linha viva e retroescavadeiras), organização de geradores e grandes equipamentos etc, montagem e inspeção de kit para manutenção etc.;
5. **Manutenção de almoxarifado:** limpeza, organização de materiais, reparo de instrumentos e pequenos equipamentos, calibragem de ferramentas de oficina etc.;
6. **Encargos administrativos:** elaboração de Relatórios Diários de Operação e Relatórios de Manutenção, acesso ao ERP à intranet da organização, impressão de APRs e documentação associada etc.;
7. **Atividades em confinamento:** organização de material para transporte em caçambas de caminhões, pequenos reparos em cabines de caminhões, organização de material em containers, incluindo *kits* de material de linha viva, de resgate em altura e de primeiros socorros.

Na Figura 7-20, percebemos que as atividades em manutenção aérea ocupam o 2º lugar em exposição às eclosões de disfunções, desarranjos e intercorrências, estando as quatro fontes de variabilidade totalmente manifestas. Apesar de esta circunstância inspirar a necessidade de mecanismos técnicos e organizacionais visando minimizar a possibilidade de afloramento da variabilidade de ressonância, observamos a tendência oposta na organização do trabalho estudada.

Neste sentido, pudemos enumerar ao menos quatro aspectos causais que, no âmbito do modelo analítico previamente apresentado, tendem a potencializar a eclosão de perturbações inéditas por meio da maximização das variáveis Δt e Δs . Estes aspectos, tipicamente complexos em sua natureza, não possuem influência linear, mas sim através de acoplamentos de ingerência entre si:

- **Dispersão geográfica dos ativos de transmissão sob a responsabilidade de cada equipe.** Cada equipe de linhas é responsável por cerca de 200 a 400 torres de transmissão. Desta forma, os locais de intervenção para manutenção são separados por dezenas, centenas ou até mesmo milhares de quilômetros (esta última alternativa ocorre no caso de mutirões e grandes emergências, onde equipes de diferentes regionais são deslocadas para trabalharem em conjunto);
- **Efetivo enxuto.** A transmissora possui uma política agressiva de atendimento a metas operacionais e remuneração aos seus acionistas. Por conseguinte, se engaja continuamente na redução de seus custos operacionais (OPEX), o que se reflete na “otimização” da folha de pagamento e da contratação de pessoal operacional (de linhas e de subestações). Na ótica da Ergonomia & Fatores Humanos, esta estratégia segue uma lógica do tipo *faster-better-cheaper* (HOLLNAGEL; WOODS; LEVESON, 2006), e pode ser um caminho para perder resiliência e ganhar fragilidade. O efeito colateral desta filosofia de produção se manifesta durante operações especiais e no atendimento a emergências. Nestes casos, o efetivo local não é suficiente para atender às demandas da operação e portanto, com certa frequência, eletricitas são alocados em contextos e entornos de trabalho muito distantes geograficamente e portanto distintos do que estão familiarizados, gerando potencial para que se depararem com disfunções, desarranjos e intercorrências inéditas. Adicionalmente, os clusters de trabalho formados se modificam e, com isso, a capacidade de regulação coletiva é diminuída;
- **Concentração sazonal da programação de Ordens de Serviço de Manutenção.** De maneira a simplificar a gestão das atividades de manutenção, as mesmas não são distribuídas e alternadas durante o ano. De maneira contrária, certos procedimentos - como a substituição de cadeias de isoladores em linha viva - são exclusivamente realizados por cerca de duas semanas por ano para cada concessão. Esta prática acarreta em maiores períodos de tempo entre as intervenções, o que sujeita as equipes a se depararem com perturbações inéditas quando finalmente voltam a campo;

- **Longo período de latência entre duas intervenções na mesma torre.**
Após a substituição dos isoladores de uma torre, podem se passar muitos anos até que nova intervenção seja necessária. Este longo *gap* de tempo fomenta as chances de aspectos inéditos da variabilidade, e um caso limite desta circunstância foi ilustrado durante a etapa de campo do presente estudo. Uma das torres que foram alvo de manutenção observada nunca havia sofrido intervenção pelas equipes da transmissora, e exatamente por isso sujeitou a equipe de linha viva ao desarranjo relatado de inconformidade no número de isoladores nas cadeias.

Neste momento cabe uma reflexão. De acordo com a Figura 7-20, quando comparado à manutenção aérea, o grupo de procedimentos que merece maiores investimentos para “proteção” dos mesmos em relação às fontes de variabilidade é o de atendimento a emergências. A razão desta decisão trivial não seria apenas porque estas atividades se situam com um maior grau de complexidade no gráfico, mas principalmente porque incidentes que ocorram durante estas operações possuem consequências desastrosas para os três grupos de stakeholders considerados nesta pesquisa (operadores, companhia transmissora e sociedade).

No entanto, deve-se atentar para o fato de que, ao contrário do que ocorre nas demais atividades realizadas pelas equipes de linhas, os gatilhos dos procedimentos de atendimento a emergências possuem caráter de imprevisibilidade muito elevada. Desta forma, tais atividades não podem ser programadas ou integradas ao Plano de Manutenção, a não ser simplesmente simplesmente a partir de margens de segurança na programação para executar estes processos se necessário. Por conseguinte, escapa da possibilidade de ingerência da alta gestão da transmissora alterações nos referidos aspectos causais (principalmente os dois últimos) buscando reduzir a intensidade de eclosões inéditas para estes procedimentos. Desta forma, pode-se considerar que os investimentos mais efetivos seriam justamente os direcionados aos procedimentos envolvendo manutenção aérea.