

TESE

859

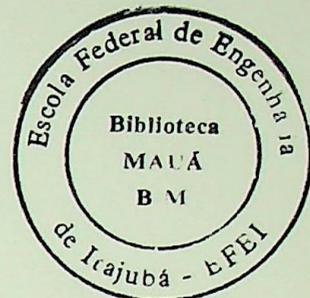
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

**SISTEMAS ESPECIALISTAS PARA
TESTES DE CIRCUITOS FUNCIONAIS
DE PROTEÇÃO E COMANDO DE SUBESTAÇÕES**

Agnelo Raimundo Schumann Cunha

ITAJUBÁ - MG

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



**SISTEMAS ESPECIALISTAS
PARA TESTES DE CIRCUITOS FUNCIONAIS
DE PROTEÇÃO E COMANDO DE SUBESTAÇÕES**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA

AGNELO RAIMUNDO SCHUMANN CUNHA

ORIENTADOR: GERMANO LAMBERT TORRES

ITAJUBÁ - MG

SETEMBRO DE 1995

CLASS. 681.3:007.52:621.311.4(043.2)

CUTTER. C9725

TOMBO. 859

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



SISTEMAS ESPECIALISTAS

PARA TESTES DE CIRCUITOS FUNCIONAIS

DE PROTEÇÃO E COMANDO DE SUBESTAÇÕES

DISSERTAÇÃO SUBMITIDA À ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA

AGNELO RAIMUNDO SCHUMANN CUNHA

ORIENTADOR: GERMANO LAMBERT TORRES

ITAJUBÁ - MG

SETEMBRO DE 1992

FICHA CATALOGráfICA

CURRÍCULO VITAE

Nome do autor: [Faint text]

Local de nascimento: [Faint text]

Endereço: [Faint text]

Telefone: [Faint text]

E-mail: [Faint text]

Outros dados: [Faint text]

Ad majorem Dei gloriam

À minha esposa Sueli e aos meus
filhos, Rander, Cleber e Helder.

FICHA CARTOGRÁFICA

CUNHA, Agnelo Raimundo Schumann

Sistema Especialistas para testes de circuitos de proteção e comando de Subestações.

Itajubá: EFEI, 1995. (EFEI, M.Sc., Engenharia Elétrica)

Dissertação de Mestrado - Escola Federal de Engenharia de Itajubá, EFEI.

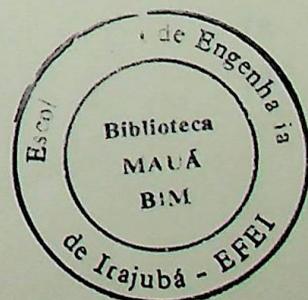
1. Inteligência Artificial 2. Sistemas Especialistas 3. PROLOG
4. Subestações 5. Automação 6. Engenharia do Conhecimento
7. Ensaio funcionais em circuitos de proteção e comando de subestações.
I. Título II. EFEI

CDD 3 - 001.6424
CDU 1 - 681.3.05
2 - 681.32
3 - 519.682 PROLOG
4 - 621.311.4
5 - 65.1.3.05
6 - 681.3.05

AGRADECIMENTOS

- Às Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE que, através de sua Política de Desenvolvimento de Recursos Humanos, possibilitou iniciar este trabalho;
- Ao Prof. Germano Lambert Torres, pelo incentivo e apoio na orientação desse trabalho;
- Ao amigo Willams Vidal Sampaio pelo inestimável apoio na programação em PROLOG;
- Aos meus amigos e familiares, em especial à minha mãe, pelo apoio, amizade, incentivo e confiança;
- A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho;

A Deus, todo poderoso, fonte de toda ciência e sabedoria.



SUMÁRIO

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II TOPOLOGIA E CONFIGURAÇÃO DE SUBESTAÇÕES	3
2.1 Introdução	3
2.2 Arranjos de Barras	4
2.2.1 Barra Simples	4
2.2.2 Barra Principal e de Transferência	5
2.2.3 Barra Dupla - Esquemas de 4 ou de 5 chaves	6
2.2.4 Barra Dupla - Disjuntor duplo	7
2.2.5 Barra Dupla - Disjuntor e meio	7
2.3 Equipamentos de Medição	8
2.4 Equipamentos de Proteção	8
CAPÍTULO III ESQUEMAS BÁSICOS DE INTERTRAVAMENTO	9
3.1 Barra Simples	9
3.1.1 Seccionadora de saída de linha - 89.1	9
3.1.2 Seccionadora de aterramento de linha - 89.1T	9
3.2 Barra Dupla - 4 Chaves	10
3.2.1 Seccionadora de saída de linha - 89.1	10
3.2.2 Seccionadora de aterramento de linha - 89.1T	11
3.2.3 Seccionadora de bay-pass - 89.2	11
3.2.4 Seccionadora Seletora da Barra I - 89I	12
3.2.5 Seccionadora do bay de transferência	13
3.2.6 Seccionadora seletora da barra de transferência	13
3.3 Barra Dupla - esquema de 5 chaves	13
3.3.1 Seccionadora isoladora de disjuntor - lado linha - 89.1	14
3.3.2 Seccionadora isoladora de disjuntor - lado barra - 89.2	14
3.3.3 Seccionadora de aterramento de linha - 89.1T	14
3.3.4 Seccionadora Seletora da Barra I - 89 I	14
3.3.5 Seccionadora Seletora da Barra II - 89 II	15
3.3.6 Seccionadora de bay-pass - 89.3	16
CAPÍTULO IV ENSAIOS FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE PROTEÇÃO E CONTROLE	18
4.1 Introdução	18
4.2 Ensaios em Circuitos de Comando e Controle	18
4.2.1 Ensaio de continuidade da fiação e cablagem - ponto a ponto.	18
4.2.2 Ensaio funcional	19

4.3 Ensaio de Injeção de Corrente em Circuitos de Proteção	19
4.3.1 Injeção de corrente - TC's ligados em estrela aterrada	20
4.3.2 Injeção de corrente em proteções diferenciais	21
4.3.2.1 TC's principais ligados em estrela	22
4.3.2.2 TC's principais ligados em estrela-delta	23
4.3.2.3 TC's principais ligados em estrela com TC's auxiliares ligados em estrela-delta	25
4.3.2.4 TC's principais ligados em estrela com TC's auxiliares ligados em estrela-estrela: 1ª Etapa - Aterramento do lado do relé diferencial	27
4.3.2.5 TC's principais ligados em estrela com TC's auxiliares ligados em estrela-estrela: 2ª Etapa - Aterramento do lado do TC principal	29
4.4 Ensaio de aplicação de Potencial em Circuitos de Proteção	31
4.4.1 TP's ligados em estrela	31
4.4.2 TP's ligados em delta aberto	32
CAPÍTULO V INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SISTEMAS ESPECIALISTAS	34
5.1 Inteligência Artificial	34
5.2 Sistemas Especialistas	34
5.3 Estruturação de um Sistema Especialista	35
5.3.1 Base de Conhecimento	35
5.3.2 Motor de Inferência	35
5.3.3 Interface com o Especialista	35
5.3.4 Interface com o Usuário	36
CAPÍTULO VI SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS	37
6.1 Sistema Especialista para Automatização de Ensaio Funcionais em Circuitos de Comando e Controle	37
6.1.1 Base do Conhecimento	37
6.1.2 Descrição do Programa	40
6.1.2.1 Entrada de Dados	41
6.1.2.2 Análise do Circuito	48
6.1.2.3 Elaboração do Programa de Testes.	49
A- Determinação do Estado Inicial dos Equipamentos	50
B- Elaboração do Programa de Testes	51
6.2 Sistema Especialista para Automatização de Ensaio Injeção de Corrente e de Aplicação de Potencial	54
6.2.1 Base do Conhecimento	54
6.2.2 Descrição do Programa	55
6.2.2.1 Análise do Circuito	57
CAPÍTULO VII CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

RESUMO

Para a execução dos testes em circuitos funcionais de proteção, comando e controle é necessário que os técnicos de manutenção sejam experientes e conheçam os critérios dos ensaios e a filosofia de intertravamento para as diversas configurações das Subestações dos Sistemas Elétricos de Potência

Devido à complexidade crescente nas configurações das instalações, gasta-se tempo considerável na elaboração dos programas de ensaios e, muitas vezes, os testes planejados não são eficazes nem eficientes.

Este trabalho apresenta uma proposta de utilização de Sistemas Especialistas para a elaboração de programas de *ensaios funcionais* em circuitos de comando e de *ensaios de injeção de corrente* e de *aplicação de potencial* em circuitos de proteção de subestações, com a finalidade de :

- ◆ Padronizar os procedimentos de execução dos ensaios funcionais;
- ◆ Reduzir substancialmente o risco de erros que podem ocorrer durante a fase de planejamento dos ensaios e que só são detectados durante a execução dos testes;
- ◆ Analisar a funcionalidade dos circuitos de comando e controle para confirmar a correta implementação da filosofia de comando e controle adotada, identificando os possíveis erros de projeto cometidos;
- ◆ Minimizar o tempo de preparação e de planejamento da execução dos ensaios;
- ◆ Facilitar a adequação dos programas de testes a cada configuração operativa da subestação;
- ◆ Facilitar a atualização dos programas de testes em função de alterações eventualmente ocorridas nos esquemas de Proteção, Comando e Controle da Instalação;
- ◆ Facilitar o armazenamento e a recuperação dos programas de testes.

Devido à complexidade e as características próprias dos diversos testes realizados em circuitos de Comando, Controle e Proteção, foram desenvolvidos três Sistemas Especialistas independentes:

- ◆ Sistema Especialista para Automatização de Ensaio Funcionais em circuitos de Comando e Controle
- ◆ Sistema Especialista para Automatização de Ensaio de Injeção de Corrente em Circuitos de Proteção
- ◆ Sistema Especialista para Automatização de Ensaio de Aplicação de Potencial em Circuitos de Proteção

Os programas foram desenvolvidos em linguagem de programação PROLOG "PROgraming in LOGic" para utilização em microcomputadores 286 ou superior.

PALAVRAS-CHAVE

Sistema Especialista, Inteligência Artificial, Ensaio Funcionais e Operacionais, Automatização de Ensaio

ABSTRACT

To test protection end control circuits, it's necessary that maintenance people have a great experience and know the criterions of the tests and the philosophy of the different configurations of the stations of the electric power system.

Due the increasing complexity of the configurations off the installations, we have to spend a lot of time to create test programs, and, several times, the planned tests aren't efficient.

This paper shows a proposal of the use of Expert Systems to elaborate softwares of control circuits functional tests and protection circuits of stations current injection end voltage application tests with the purpose of:

- ◆ To standardize the procedures of the tests;
- ◆ To reduce the risk of mistakes that can occur during the panning stage off the tests and that only are detected during their execution;
- ◆ To analyze the functionality of the circuits to verify the correct implementation of the control philosophy adopted, identifying the possible project mistakes;
- ◆ To minimize the time to prepare and to plan the tests;
- ◆ To facilitate the update of the tests programs due the changes of protection and control schemes;
- ◆ To facilitate storage and retrieve the tests programs;

Due the complexity and the self characteristics off the several tests executed in protection and control circuits, three independent Expert Systems are developed:

- ◆ an Expert System to automatize control circuits functional tests;
- ◆ an Expert Systems to automatize protection circuits current injection tests;
- ◆ an Expert System to automatize protection circuits voltage application tests.
- ◆ The softwares were developed in PROLOG (PROgraming in LOGic) language for use in 286 microcomputers or higher.

KEYWORDS

Expert System, Artificial Intelligence, Functional and Operation Tests, Test Automatization

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO

Um Sistema Elétrico de Potência [4] é composto por equipamentos de geração, transformação, transmissão e distribuição, reatores, bancos de capacitores, compensadores síncronos e estáticos além dos equipamentos de manobras. Alguns desses componentes são agrupados em locais específicos denominados de subestações.

As Subestações atendem principalmente a necessidade de interligação, transformação e controle de tensão dentro de um Sistema Elétrico de Potência

Dentro das Subestações, existem inúmeras maneiras de promover as ligações entre os vários componentes que a compõe. As ligações elétricas definem o arranjo da SE e , agregando o binômio confiabilidade-custo, determinam a qualidade nas condições normais de operação [4].

Cada arranjo específico apresenta características próprias que permitem maior ou menor flexibilidade para as manobras das Subestações.

Esta flexibilidade é função de limitações quanto às condições operativas da instalação para possibilitar a execução das operações de abertura ou de fechamento de equipamentos de manobras como as seccionadoras, já que as mesmos não podem ser manobradas sob carga.

Para garantir a integridade, a segurança e a correta operação desses equipamentos são necessários os circuitos de comando e controle, muitas vezes complexos, que provêm o intertravamento necessário entre os diversos equipamentos de manobra interligados.

Os circuitos de intertravamento, portanto, necessitam ser testados em campo pelas equipes de manutenção, não só quanto à fidelidade com os desenhos de projeto, como também quanto a sua funcionalidade em relação à lógica de intertravamento associada à topologia da SE.

Por outro lado, os componentes de um Sistema Elétrico de Potência são protegidos e supervisionados, por equipamentos de proteção e medição. Esses equipamentos são alimentados por circuitos de corrente ou de potencial, provenientes dos transformadores de corrente e de potencial.

Para que os sistemas de proteção sejam efetivos, é necessário que os circuitos de corrente e de potencial estejam interligados da forma prevista em projeto, tornando necessária a realização de testes de injeção de corrente e de aplicação de potencial, levando em consideração diversos aspectos, como:

- ♦ Os circuitos de corrente de secundários de TC's nunca podem estar abertos;
- ♦ Os circuitos de potencial de secundários de TP's nunca podem estar curto-circuitados;
- ♦ Os equipamentos deverão estar ligados conforme projeto.
- ♦ As polaridades e não-polaridades dos relés, medidores, TC's e TP's devem estar ligadas corretamente.

Todos os testes e ensaios mencionados devem ser planejados e executados de forma segura, correta e otimizada.

Têm se observado que, freqüentemente, os testes realizados pelas equipes de manutenção são incompletos, deixando de testar partes dos circuitos, ou redundantes, testando-se mais de uma vez o mesmo trecho de um circuito.

Por outro lado, por não se fazer uma análise adequada da filosofia adotada para o comando e controle da instalação, deixa-se passar erros de projeto que somente são detectados durante a operação do sistema.

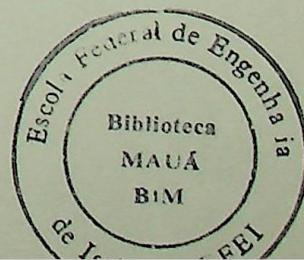
O desempenho dos testes está, portanto, intrinsecamente associado à pessoa do executor, não sendo, geralmente, realizado de forma padronizada.

Para que se consiga um resultado satisfatório e uniforme torna-se necessário que se gaste um tempo relativamente longo na sua preparação, devendo ser revistos os procedimentos de testes para cada configuração operativa da instalação a ser testada.

Este trabalho descreve o funcionamento e a utilização de um Sistema Especialista desenvolvido para a análise e simulação de circuitos e a elaboração de programas de testes funcionais para sistemas de comando, controle e proteção.

O trabalho está estruturado da seguinte forma:

- ◆ Inicialmente, no Capítulo II, são apresentadas as características das principais configurações de subestações de Sistema Elétrico de Potência e a filosofia básica de aplicação de equipamentos de medição e proteção sendo que as filosofias de intertravamento para algumas das configurações utilizadas são descritas no capítulo III.
- ◆ Em seguida, no Capítulo IV são descritos os ensaios realizados em circuitos de proteção, comando e controle, os quais deverão ser programados pelo Sistema Especialista proposto..
- ◆ Os Capítulo V apresenta os fundamentos básicos da Inteligência Artificial aplicada a Sistemas Especialistas.
- ◆ O desenvolvimento do Programa é apresentado no Capítulo VI e sua avaliação quanto a potencialidades e limitações é feita no Capítulo VII.
- ◆ Os anexos apresentam um resumo sobre a linguagem PROLOG utilizada para o desenvolvimento dos programas e um exemplo de aplicação para cada um dos sistemas especialistas desenvolvidos para a elaboração de programas de ensaios em circuitos funcionais, de injeção de corrente e de aplicação de potencial.



CAPÍTULO II

TOPOLOGIA E CONFIGURAÇÃO DE SUBESTAÇÕES

2.1 Introdução

Subestação é a parte de um Sistema Elétrico de Potência, concentrada em um dado local, compreendendo primordialmente as extremidades de linhas de transmissão ou de distribuição, com os respectivos dispositivos de manobra, controle e proteção, incluindo obras civis estruturas de montagem, transformadores e equipamentos conversores, entre outros [ABNT].

Assim, por se constituírem em pontos de operação do Sistema Elétrico de Potência, devem ter suas ações e comandos coordenadas a partir de programações e filosofias de operação em conformidade com as informações coletadas pelos sistemas de medição e proteção.

Os disjuntores são utilizados para as manobras com carga e para o desligamento automático de circuitos com defeitos, quando são acionados por relés de proteção e apresentam as seguintes características:

- ♦ Capacidade de estabelecer, conduzir e interromper correntes normais do circuito;
- ♦ Capacidade de estabelecer, conduzir por um tempo especificado e interromper correntes em condições anormais especificadas do circuito, tais como as de curto-circuito

As chaves seccionadoras são utilizadas para abertura e fechamento de circuitos sem carga, de forma a garantir seu efetivo isolamento, apresentando as seguintes características:

- ♦ Capacidade de assegurar, na posição aberta, uma distância de isolamento que satisfaz requisitos de segurança especificados;
- ♦ Capacidade de fechar ou abrir um circuito nas seguintes condições:
 - ou quando a corrente estabelecida ou interrompida é desprezível;
 - ou quando não se verifica uma variação significativa na tensão entre os terminais de cada um dos seus polos.
- ♦ Capacidade de conduzir, por tempo indeterminado, correntes em condições normais do circuito;
- ♦ Capacidade de conduzir, por um tempo especificado, correntes em condições anormais do circuito, tais como as de curto-circuito.

As características operativas de uma Subestação são definidas pelos equipamentos de manobra dos circuitos e pelos esquemas elétricos ou do arranjo da SE.

2.2 Arranjos de Barras

O esquema elétrico ou arranjo de uma SE é definido a partir do nível de confiabilidade desejado, ou seja, do objetivo de se manter o compromisso de fornecimento de energia elétrica aos consumidores [4].

A avaliação qualitativa da confiabilidade considera diferentes aspectos todos ligados à operação do Sistema Elétrico de Potência, destacando-se os seguintes:

- ♦ segurança do Sistema Elétrico de Potência
- ♦ continuidade de operação
- ♦ facilidade de manutenção
- ♦ simplicidade e eficiência da proteção
- ♦ facilidade de ampliações
- ♦ limitações de níveis de curto-circuito

Esses aspectos qualitativos variam à medida que a SE tem seu arranjo evoluído.

2.2.1 Barra Simples

Os esquemas de barra simples são aqueles em que a interligação dos circuitos da SE somente podem ser feitas em uma única barra.

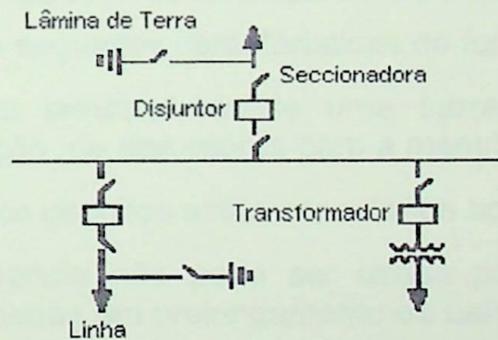


Figura 2-1 - Barra Simples

Esse esquema apresenta as seguintes características de funcionalidade:

- ♦ Os disjuntores permitem abrir ou fechar os circuitos com carga;
- ♦ As seccionadoras não podem operar com carga e, portanto, só podem ser manobradas quando o disjuntor associado estiver aberto, sendo utilizadas para permitir o isolamento do disjuntor para a realização de serviços de manutenção;
- ♦ A chave de aterramento de linha tem a função de prevenir a energização acidental da linha pela terminal remoto e pode ser manobrada quando a linha estiver desenergizada, ou seja, sem tensão.

Este esquema apresenta pouca flexibilidade operativa pois:

- ♦ Todos os circuitos são desligados na ocorrência de defeito no barramento;
- ♦ O circuito cujo disjuntor estiver sob manutenção fica necessariamente desligado.

2.2.2 Barra Principal e de Transferência

Nas subestações em que é necessário manter os circuitos em operação, mesmo durante a realização de serviços de manutenção dos disjuntores, utiliza-se o esquema de barra principal e transferência [3].

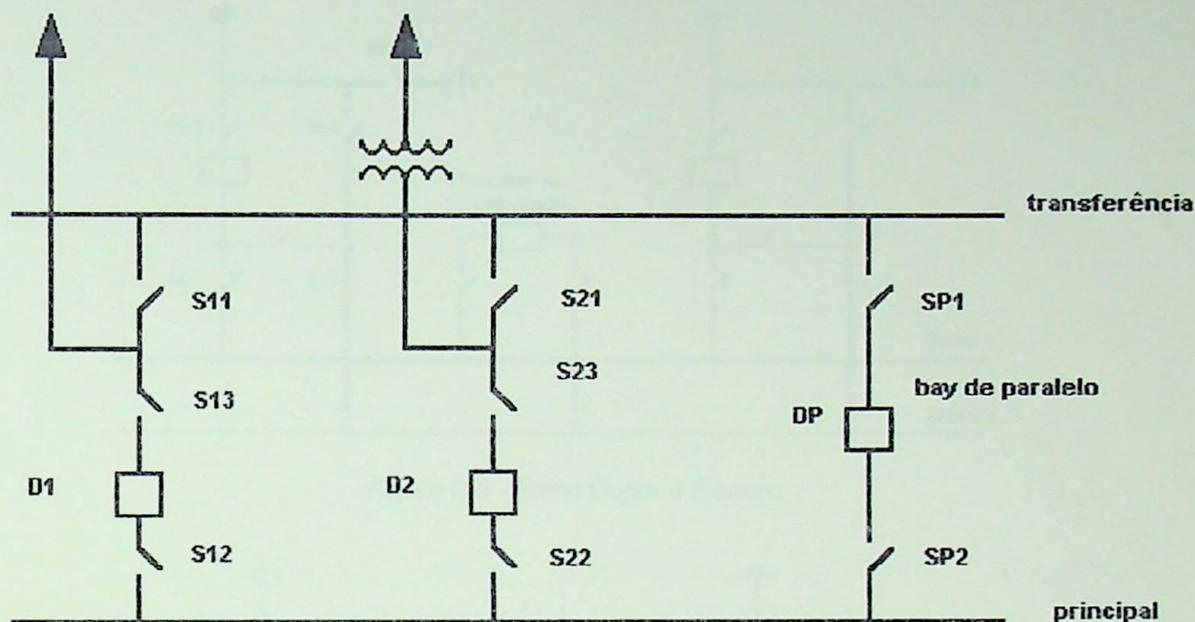


Figura 2-2 - Barra Principal e Transferência

Esse arranjo apresenta as seguintes características de funcionalidade:

- ◆ Além de uma barra principal, existe uma barra para auxiliar as manobras necessárias a liberação de disjuntores para a manutenção;
- ◆ Normalmente todos os circuitos estão conectados ao barramento principal;
- ◆ A barra de transferência não pode ser usada para interligar circuitos, sendo operacionalmente apenas um prolongamento da barra principal.
- ◆ Possui um disjuntor de transferência entre as duas barras que assume qualquer um dos circuitos cujo disjuntor esteja em manutenção.
- ◆ A barra de transferência é apenas uma barra auxiliar que permite a substituição de um único disjuntor de circuito, de cada vez, pelo disjuntor de transferência
- ◆ A manutenção da barra principal nesse esquema também só pode ser feita com a perda de todos os circuitos;
- ◆ A proteção do circuito transferido também deve ser transferida para o disjuntor de transferência.

2.2.3 Barra Dupla - Esquemas de 4 ou de 5 chaves

Os esquemas de barra dupla de 4 ou de 5 chaves oferecem grande flexibilidade operativa e normalmente se aplicam a interligações importantes, onde não se pode sacrificar a confiabilidade, a segurança e a continuidade da operação do sistema [3].

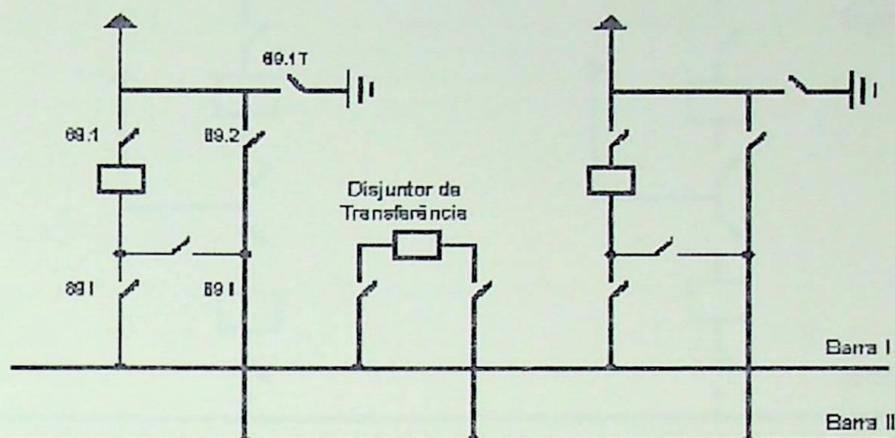


Figura 2-3 - Barra Dupla 4 Chaves

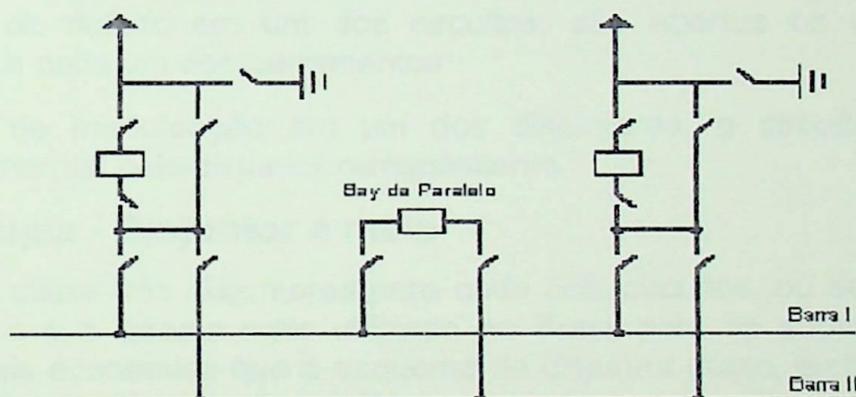


Figura 2-4 - Barra Dupla 5 Chaves

Esse esquema apresenta as seguintes características de funcionalidade:

- ◆ É composto por dois barramentos, aos quais podem ser ligados alternativamente todos os circuitos da SE;
- ◆ As duas barras podem ser utilizadas simultaneamente, possibilitando diversas combinações dos circuitos entre si;
- ◆ Possui um disjuntor de acoplamento ligado entre a barra 1 e a barra 2, que pode também funcionar como disjuntor de transferência.
- ◆ Possibilita a utilização de uma das barras como barra de transferência, durante a manutenção de um dos disjuntores e permite a manutenção dos barramentos com todos os seus circuitos em operação normal.

Podem ser utilizados os esquemas de 5 ou de 4 chaves, sendo que este, mais econômico, é mais complicado operacionalmente.

2.2.4 Barra Dupla - Disjuntor duplo

Esse arranjo é o que apresenta maior confiabilidade operativa, sendo, em contrapartida, o mais caro, sendo muito pouco utilizado [3].

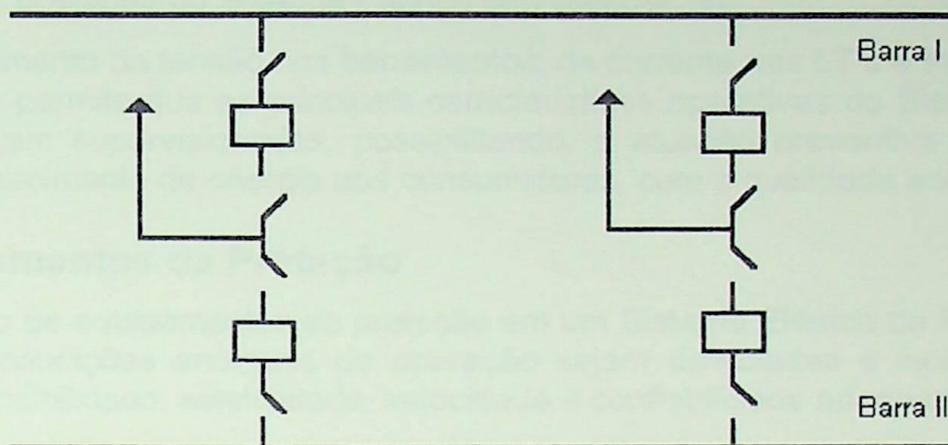


Figura 2-5 - Barra Dupla Disjuntor Duplo

Suas características principais são:

- ♦ No caso de defeito em um dos circuitos, são abertos os disjuntores que o interligam a cada um dos barramentos.
- ♦ No caso de manutenção em um dos disjuntores, o circuito permanece em operação normal pelo disjuntor remanescente.

2.2.5 Barra Dupla - Disjuntor e meio

Esse esquema utiliza três disjuntores para cada dois circuitos, ou seja, um disjuntor e meio por circuito e é o arranjo mais utilizado no Brasil para as subestações de 500 e 765 kV, sendo mais econômico que o esquema de disjuntor duplo, embora apresente, na prática, confiabilidade muito semelhante [3].

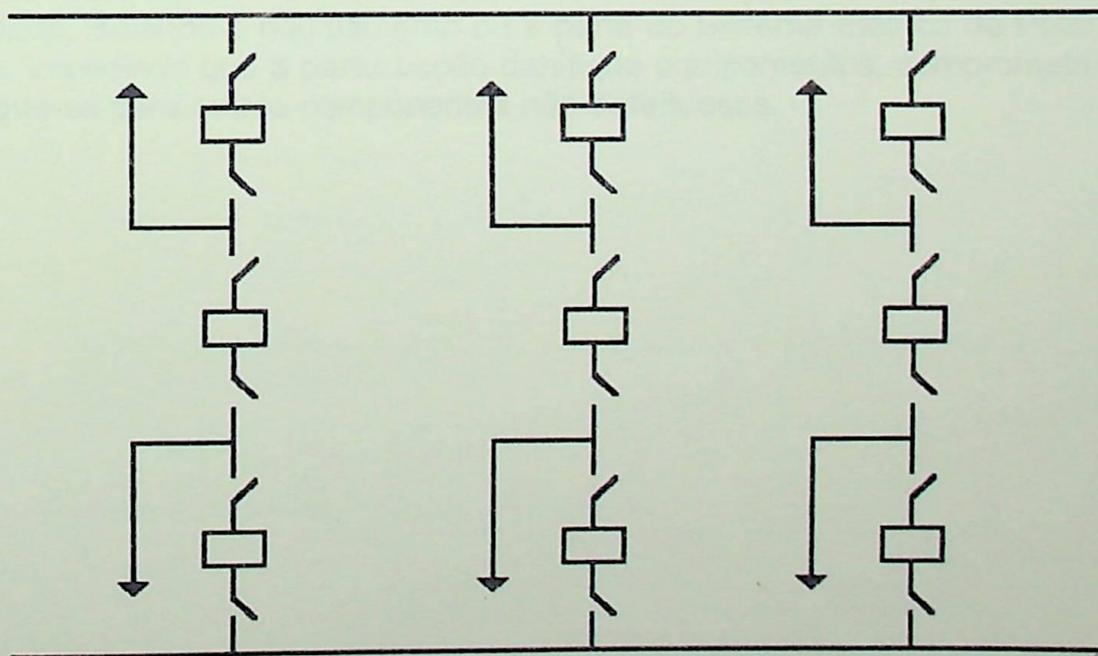


Figura 2-6 - Barra Dupla Disjuntor e Meio

2.3 Equipamentos de Medição

A aplicação de equipamentos de medição em um Sistema Elétrico de Potência tem como objetivo permitir a observação e o registro dos eventos, fornecendo elementos necessários à operação do Sistema Elétrico de Potência [4].

O monitoramento da tensão nos barramentos, da corrente nas LT's e transformadores e da frequência permite que as principais características operativas do Sistema Elétrico de Potência sejam supervisionadas, possibilitando, a atuação preventiva e corretiva que garanta o fornecimento de energia aos consumidores, com a qualidade adequada.

2.4 Equipamentos de Proteção

A aplicação de equipamentos de proteção em um Sistema Elétrico de Potência objetiva permitir que condições anormais de operação sejam detectadas e isoladas em tempo hábil, com sensibilidade, seletividade, velocidade e confiabilidade adequadas [4].

A função principal de um sistema de proteção é a de promover uma rápida retirada de serviço de um componente do Sistema Elétrico de Potência, quando esse sofre um curto-circuito ou quando ele começa a operar de modo anormal, podendo causar danos ou, de outro modo, interferir com a correta operação das demais partes do sistema.

A proteção não deve promover desligamentos intempestivos, atuando sem que exista defeito na sua zona de controle.

Em caso de defeito, a proteção deve atuar dentro da finalidade para a qual foi aplicada, para as grandezas elétricas supervisionadas dentro das faixas adequadamente ajustadas, para o defeito, falha ou outra anormalidade dentro de sua área de supervisão, em tempo condizente com as condições da situação. Sua atuação correta diminui a probabilidade do defeito se propagar.

Os relés, ao detectarem uma perturbação da grandeza monitorada, que caracterize um comportamento anormal do Sistema Elétrico de Potência ou que venha a comprometer a vida útil do equipamento comanda a abertura do disjuntor de modo a interromper a anormalidade, isolando o equipamento ou a parte do Sistema Elétrico de Potência afetado pela falha, impedindo que a perturbação danifique equipamentos, comprometa a operação ou propague-se para outros componentes não defeituosos.

CAPÍTULO III

ESQUEMAS BÁSICOS DE INTERTRAVAMENTO

Vejamos as condicionantes que deverão ser observadas para a operação de seccionadoras para alguns dos diversos esquemas apresentados:

3.1 Barra Simples

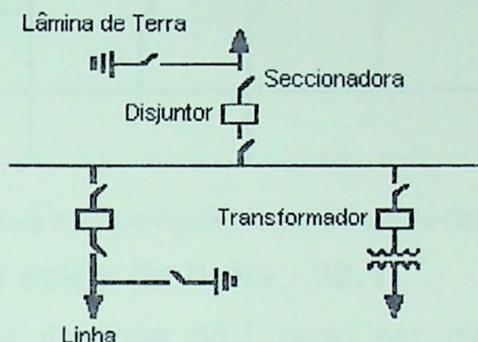


Figura 3-1 - Configuração Barra Simples

3.1.1 Seccionadora de saída de linha - 89.1

A seccionadora 89.1 pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:

- ♦ Disjuntor de saída de linha aberto, para que a corrente seja nula antes e após a execução da manobra de abertura ou de fechamento
- e
- ♦ Seccionadora de aterramento da linha aberta, ou seja, a linha deverá estar liberada para a operação.

3.1.2 Seccionadora de aterramento de linha - 89.1T

A seccionadora de aterramento de linha pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:

- ♦ Linha desenergizada, ou seja:
 - Relé de subtensão (27) operado
 - ou
 - Contator ou fusível instalado no secundário do transformador de potencial fechado ou ligado.
- e
- ♦ Seccionadora de saída de linha 89.1 aberta.

3.2 Barra Dupla - 4 Chaves

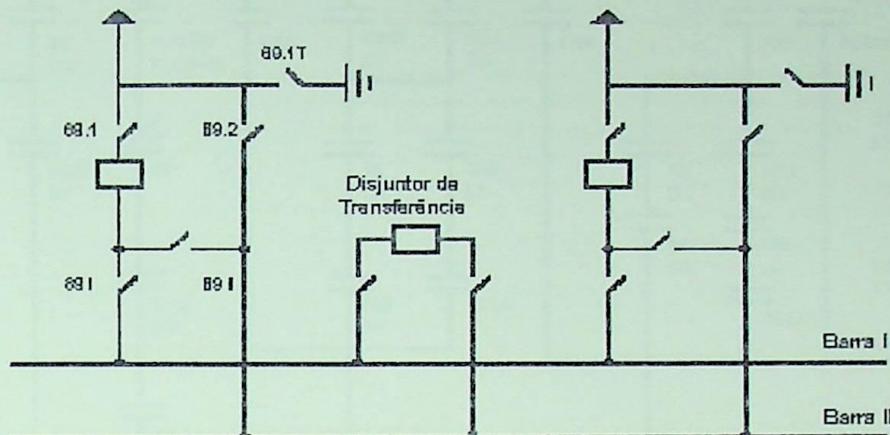


Figura 3-2 - Configuração Barra Dupla 4 Chaves

3.2.1 Seccionadora de saída de linha - 89.1

A seccionadora de saída de linha 89.1 pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:

- ◆ Disjuntor de saída de linha aberto, para que a corrente seja nula antes e após a execução da manobra de abertura ou de fechamento da seccionadora
- ◆ Seccionadora de aterramento da linha aberta, ou seja, a linha deverá estar liberada para a operação.

DIAGRAMAS BÁSICOS DE INTERTRAVAMENTO

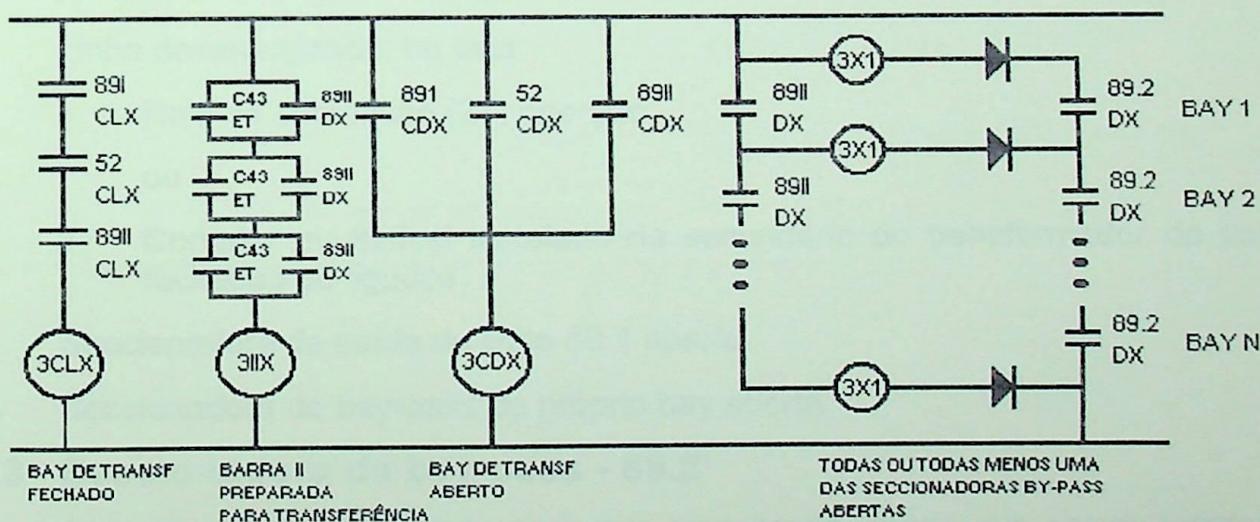


Figura 3-3 - Esquema Funcional p/ Barra Dupla 4 Chaves (1a. Parte)

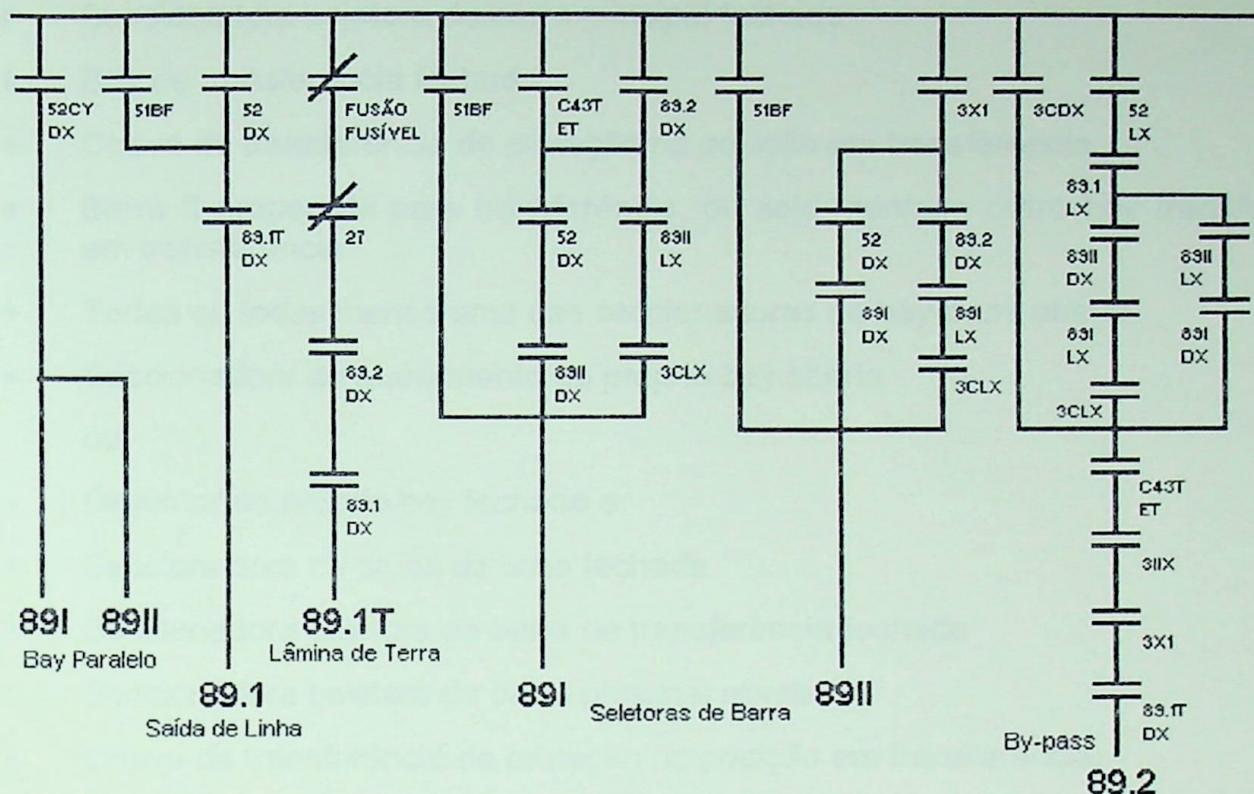


Figura 3-4 - Esquema Funcional p/ Barra Dupla 4 Chaves (2a. Parte)

3.2.2 Seccionadora de aterramento de linha - 89.1T

A seccionadora de aterramento de linha pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:

- ♦ Linha desenergizada, ou seja:
 - Relé de subtensão (27) operado
 - ou
 - Contator ou fusível instalado no secundário do transformador de potencial fechados ou ligados
- ♦ Seccionadora de saída de linha 89.1 aberta.
- ♦ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta.

3.2.3 Seccionadora de bay-pass - 89.2

A seccionadora de by-pass pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ♦ Chave de transferência de proteção na posição em transferência;
- ou
- ♦ Disjuntor do próprio bay fechado
- ♦ Seccionadora de saída de linha fechada
- ♦ Seccionadora seletora da barra de transferência aberta

- ◆ Seccionadora seletora da barra principal fechada
- ◆ Bay de transferência fechado
- ◆ Chave de transferência de proteção na posição em transferência;
- ◆ Barra II preparada para transferência, ou seja, nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ◆ Todas ou todas menos uma das seccionadoras de bay-pass aberta
- ◆ Seccionadora de aterramento do próprio bay aberta
ou
- ◆ Disjuntor do próprio bay fechado e:
- ◆ Seccionadora de saída de linha fechada
- ◆ Seccionadora seletora da barra de transferência fechada
- ◆ Seccionadora seletora da barra principal aberta
- ◆ Chave de transferência de proteção na posição em transferência;
- ◆ Nenhum outro bay em transferência;
- ◆ Todas ou todas menos uma das seccionadoras de by-pass aberta
- ◆ Seccionadora de aterramento do próprio bay aberta.

3.2.4 Seccionadora Seletora da Barra I - 89I

A seccionadora seletora da barra I pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ◆ Chave de transferência de proteção do bay na posição em transferência.
- ◆ Disjuntor do próprio bay aberto.
- ◆ Seccionadora seletora da barra de transferência aberta
ou
- ◆ Chave de transferência de proteção do bay na posição em transferência.
- ◆ Seccionadora seletora da barra de transferência fechada
- ◆ Bay de transferência fechado;
ou
- ◆ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta
- ◆ disjuntor do próprio bay aberto
- ◆ Seccionadora seletora da barra de transferência aberta
ou
- ◆ Seccionadora de by-pass do próprio bay aberta

- ♦ Seccionadora seletora da barra de transferência fechada
- ♦ Bay de transferência fechado

3.2.5 Seccionadora do bay de transferência

A seccionadora do bay de transferência pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas a seguinte condição:

- ♦ Disjuntor de transferência aberto

3.2.6 Seccionadora seletora da barra de transferência

A seccionadora seletora da barra de transferência pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ♦ Disjuntor do próprio bay aberto
- ♦ Seccionadora seletora da barra de transferência aberta
- ou
- ♦ Todas ou todas menos uma das seccionadoras de bay-pass aberta
- ♦ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta
- ♦ Seccionadora seletora da barra principal fechada
- ♦ Bay de transferência fechado.

3.3 Barra Dupla - esquema de 5 chaves

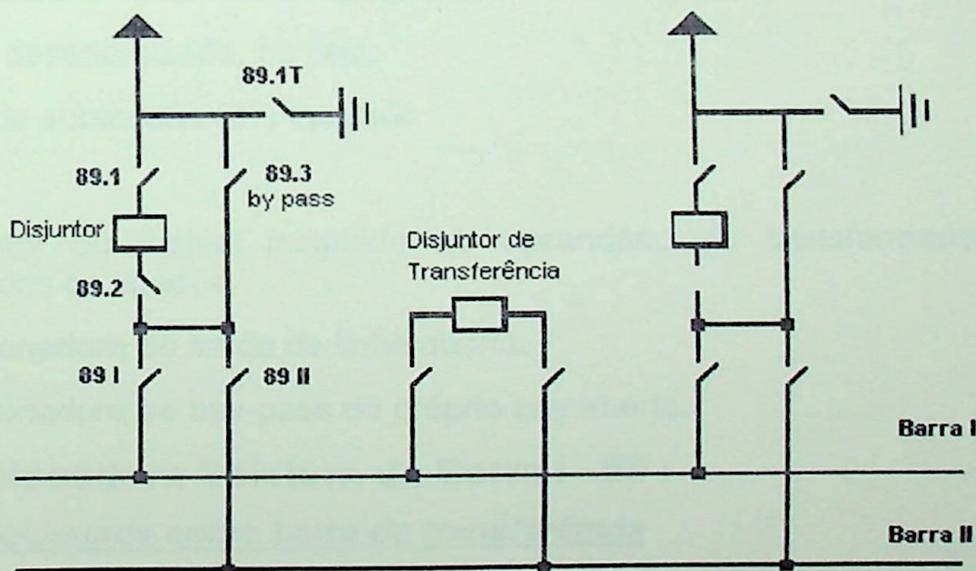


Figura 3-5 - Configuração Barra Dupla 5 Chaves

3.3.1 Seccionadora isoladora de disjuntor - lado linha - 89.1

A seccionadora 89.1 pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:

- ♦ Disjuntor do bay aberto, para que a corrente seja nula antes e após a execução da manobra de abertura ou de fechamento;

ou

- ♦ Seccionadora de by-pass fechada, isto é deverá existir um caminho alternativo para a circulação da corrente que passa pela seccionadora imediatamente após sua abertura.

3.3.2 Seccionadora isoladora de disjuntor - lado barra - 89.2

A seccionadora 89.2 pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:

- ♦ Disjuntor do bay aberto, para que a corrente seja nula antes e após a execução da manobra de abertura ou de fechamento;

ou

- ♦ Seccionadora de by-pass fechada, isto é deverá existir um caminho alternativo para a circulação da corrente que passa pela seccionadora imediatamente após sua abertura.

3.3.3 Seccionadora de aterramento de linha - 89.1T

- ♦ A seccionadora de aterramento de linha pode ser manobrada, desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:
- ♦ Linha desenergizada, ou seja:
- ♦ Relé de subtensão (27) operado

ou

- ♦ Contator ou fusível instalado no secundário do transformador de potencial fechados ou ligados
- ♦ Seccionadora de saída de linha aberta.
- ♦ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta.

3.3.4 Seccionadora Seletora da Barra I - 89 I

Barra I selecionada como barra de transferência

A seccionadora seletora da barra I poderá, então, ser fechada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ♦ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ♦ Seccionadora seletora da barra II aberta
- ♦ disjuntor do próprio bay aberto.
- ♦ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta

Barra II selecionada como barra de transferência

A seccionadora seletora da barra I poderá, então, ser aberta ou fechada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ◆ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ◆ Seccionadora seletora da barra II aberta
- ◆ disjuntor do próprio bay aberto.
- ◆ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta

Barra I ou Barra II selecionada como barra de transferência:

A seccionadora seletora da barra I poderá, então, ser aberta ou fechada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ◆ Chaves de bay-pass de todos os bays abertas
- ◆ disjuntor do próprio bay aberto
- ◆ Seccionadora seletora da barra II aberta
- ou
- ◆ Chaves de bay-pass de todos os bays abertas
- ◆ Bay de transferência fechado
- ◆ Chave de transferência de proteção para todos os bays na posição normal;
- ◆ Seccionadora seletora da barra II fechada

3.3.5 Seccionadora Seletora da Barra II - 89 II

Barra II selecionada como barra de transferência

A seccionadora seletora da barra II poderá, então, ser fechada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ◆ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ◆ Seccionadora seletora da barra I aberta
- ◆ disjuntor do próprio bay aberto.
- ◆ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta

Barra I selecionada como barra de transferência

A seccionadora seletora da barra II poderá, então, ser aberta ou fechada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ◆ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ◆ Seccionadora seletora da barra I aberta
- ◆ disjuntor do próprio bay aberto.
- ◆ Seccionadora de bay-pass do próprio bay aberta

Barra II ou Barra I selecionada como barra de transferência:

A seccionadora seletora da barra II poderá, então, ser aberta ou fechada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ♦ Chaves de bay-pass de todos os bays abertas
- ♦ disjuntor do próprio bay aberto
- ♦ Seccionadora seletora da barra I aberta
- ou
- ♦ Chaves de bay-pass de todos os bays abertas
- ♦ Bay de transferência fechado
- ♦ Chave de transferência de proteção para todos os bays na posição *normal*:
- ♦ Seccionadora seletora da barra I fechada

3.3.6 Seccionadora de bay-pass - 89.3

Barra I selecionada como barra de transferência

A seccionadora de by-pass poderá, então, ser manobrada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ♦ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ♦ Seccionadora seletora da barra II aberta
- ♦ Seccionadora de aterramento de linha aberta
- ♦ Bay de transferência aberto
- ou
- ♦ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ♦ Seccionadora seletora da barra II aberta
- ♦ Seccionadora de aterramento de linha aberta
- ♦ Seccionadoras isoladoras do disjuntor fechados
- ♦ disjuntor do próprio bay fechado

Barra II selecionada como barra de transferência

A seccionadora de by-pass poderá, então, ser manobrada, desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- ◆ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ◆ Seccionadora seletora da barra I aberta
- ◆ Seccionadora de aterramento de linha aberta
- ◆ Bay de transferência aberto
- ou
- ◆ Nenhum outro bay transferido ou em transferência
- ◆ Seccionadora seletora da barra I aberta
- ◆ Seccionadora de aterramento de linha aberta
- ◆ Seccionadoras isoladoras do disjuntor fechados
- ◆ disjuntor do próprio bay fechado



CAPÍTULO IV

ENSAIOS FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE PROTEÇÃO E CONTROLE

4.1 Introdução

Os principais circuitos de comando e controle de subestações são constituídos dos esquemas de intertravamento para permitir a manobra de chaves seccionadoras apenas se forem atendidas determinadas condições operativas.

As seccionadoras não são previstas para operar em carga, ou sejam, não podem ligar ou interromper correntes, não sendo habilitadas nem mesmo para isolar barramentos em vazio (sem carga), principalmente se neles estão ligados divisores capacitivos para medição de tensão [4].

Entretanto, a operação das seccionadoras pode ser feita com corrente, desde que exista um circuito paralelo de impedância desprezível que ofereça um caminho alternativo para o desvio da corrente.

Para a operação das seccionadoras devem ser observadas uma série de condicionantes para evitar:

- ♦ que a mesma seja manobrada sob carga
- ♦ que uma linha seja energizada com a chave de aterramento fechada
- ♦ que uma linha sob tensão seja aterrada

4.2 Ensaios em Circuitos de Comando e Controle

Os ensaios realizados nos circuitos de comando e controle objetivam comprovar a correta funcionalidade dos circuitos de intertravamento de seccionadoras.

São realizados em duas etapas distintas:

4.2.1 Ensaio de continuidade da fiação e cablagem - ponto a ponto.

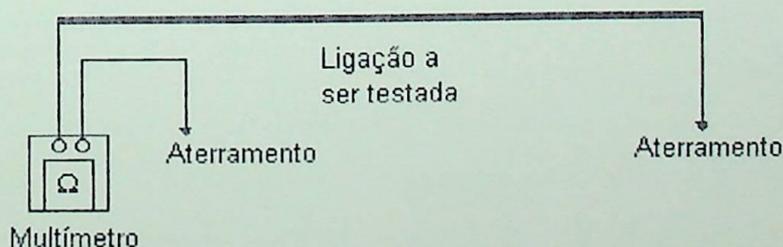


Figura 4-1 - Esquemático p/ o Teste Ponto a Ponto de Fiação

Este ensaio consiste em testar ponto a ponto toda a fiação para comprovar que as mesmas estão de acordo com o projeto.

Para comprovar a correção da ligação aterra-se uma extremidade da fiação e verifica sua continuidade medindo a resistência do circuito formado pela fiação e o terra, conforme figura da página anterior.

4.2.2 Ensaio funcional

Este ensaio consiste em testar a correta funcionalidade do circuito de comando e controle, através da simulação das diversas condições operativas e comparando com o comportamento previsto pelo projeto, isto é, se um determinado equipamento de manobra sob determinadas condições operativas pode ou não ser manobrado.

Para sua execução é necessário que o técnico de comando e controle conheça profundamente os esquemas de intertravamento das diversas configurações existentes e que saiba interpretar corretamente os diagramas funcionais da instalação para que todas as condições operacionais possíveis de ocorrer na prática possam ser corretamente simuladas durante o ensaio.

4.3 Ensaio de Injeção de Corrente em Circuitos de Proteção

Os ensaios de injeção de corrente em circuitos de medição e proteção [6] tem por objetivo testar a funcionalidade destes circuitos, ou seja, deverão confirmar:

- ◆ Faseamento correto nos terminais dos painéis e instrumentos ligados no circuito.
- ◆ Polaridade correta na ligação dos relés.
- ◆ Polaridade correta na ligação dos transformadores de instrumentos.
- ◆ Ausência de circuitos abertos nos secundários dos TC's.
- ◆ Ligações e relações corretas nos transformadores auxiliares de corrente.
- ◆ Eficiência das ligações de interface entre o circuito interno do relé e o circuito externo.
- ◆ Eficiência dos *plugs* de testes ou chaves instalados nos circuitos ou no equipamentos.
- ◆ Existência de apenas um ponto de aterramento no circuito de corrente secundário dos TC's.
- ◆ Fidelidade dos desenhos trifilares de projeto.

4.3.1 Injeção de corrente - TC's ligados em estrela aterrada

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

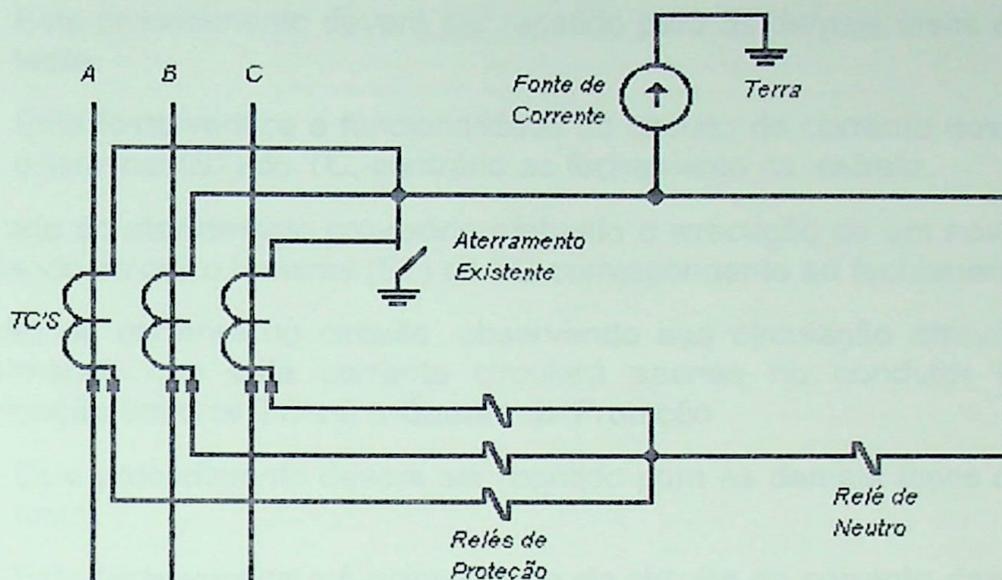


Figura 4-2 - Ligação Estrela Aterrada

PROCEDIMENTOS DE TESTES

Os circuitos de corrente provenientes dos secundários dos TC's e que alimentam relés de proteção são normalmente ligados na conexão estrela aterrada.

A injeção de corrente deverá feita monofasicamente através do neutro sem haver a necessidade de desconexão de nenhuma ligação, exceto o levantamento do terra existente no circuito sob teste.

As leituras de corrente deverão ser feitas nos diversos pontos do circuito: caixa de terminais dos TC's principais, régua de bornes dos painéis, chaves de testes, relés, TC's auxiliares, etc., atestando com isto o correto faseamento, polaridade e a perfeita fidelidade entre o projetado e o instalado.

Nesses ensaios não se tem a preocupação de aplicar valores de corrente de atuação das proteções envolvidas.

Para a comprovação da funcionalidade destes circuitos, são realizados os seguintes ensaios:

- ◆ Levantamento do ponto de aterramento do circuito.
- ◆ Instalação da fonte de corrente, no quadro de proteção, ligando-a entre o neutro e um terra.
- ◆ Tentativa de injeção de corrente, observando sua ausência, confirmando a inexistência de aterramento remanescente no circuito sob teste.
- ◆ Aterramento provisório do terminal (S1) do TC principal sob teste, contrário ao fechamento da estrela.

- ◆ Injeção de corrente no circuito, observando sua circulação através do circuito, confirmando que esta corrente circula somente no neutro e na fase correspondente ao terminal do TC aterrado.
 - Este procedimento deverá ser repetido para as demais fases do circuito sob teste.
 - Este teste verifica a funcionalidade do circuito de corrente desde a fonte até o terminal (S1) do TC, contrário ao fechamento da estrela.
- ◆ Retirada do aterramento provisório efetuado e execução de um novo aterramento provisório no outro terminal (S2) do TC correspondente ao fechamento da estrela.
- ◆ Injeção de corrente no circuito, observando sua circulação através do circuito, confirmando que esta corrente circulará apenas no condutor de neutro de interligação entre os TC's e o Quadro de Proteção
 - Este procedimento deverá ser repetido para as demais fases do circuito sob teste.
 - Este teste verifica a funcionalidade do circuito de corrente desde a fonte até o terminal (S2) do TC, correspondente ao fechamento da estrela.
- ◆ Em circuitos onde existem proteções que dependem de direcionalidade da corrente é necessário que se garanta a correta ligação quanto a polaridade.
 - Para isto, pode-se usar um terra móvel provisório, aterrando-se um terminal do relé e efetuando a circulação, ou não, de corrente no terminal oposto do relé.
 - Este procedimento deverá ser repetido para todos os relés e para as demais fases do circuito sob teste.
 - Este teste garante a correta ligação dos dispositivos quanto à polaridade.

4.3.2 Injeção de corrente em proteções diferenciais

Da mesma forma que nos ensaios de injeção de corrente nos circuitos de outras proteções, para a malha diferencial, a fonte de corrente estará instalada no painel de proteção e é ligada no neutro nas conexões estrela e na fase para as conexões triângulo (delta).

Todos os aterramentos existentes na malha diferencial envolvida, deverão ser levantados e para maiores facilidades na condução dos ensaios, será testado, separadamente, cada circuito que alimenta o relé diferencial, sem a preocupação de se verificar a operação, ou não, desta proteção.

As medições de corrente deverão ser feitas em todos os equipamentos referentes ao circuito, tais como, no próprio relé diferencial, caves de testes, TC's auxiliares, terminais dos TC's principais, etc., verificando-se a sua perfeita funcionalidade, e a fidelidade de suas ligações em relação ao projeto.

As ligações de uma malha diferencial se resumem, basicamente, nas seguintes conexões:

- ♦ TC's principais ligados em estrela.
- ♦ TC's principais ligados em estrela e delta.
- ♦ TC's principais ligados em estrela e TC's auxiliares em estrela-delta.
- ♦ TC's principais ligados em estrela e TC's auxiliares em estrela-estrela

Vejamos agora como são realizados os Ensaio de Injeção de Corrente para os diversos esquemas de ligação da Proteção Diferencia [6]:

4.3.2.1 TC's principais ligados em estrela

SEQÜÊNCIA DE TESTES

a) *Aterramento existente*

- Desconectar.

b) *Fonte*

- Instalar no quadro de proteção e ligar entre o neutro da estrela e o terra

c) *Aterramentos temporários*

- Inicialmente no terminal do TC, contrário ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente no relé e equipamentos envolvidos.
- Em seguida no outro terminal do TC correspondente ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente no condutor do neutro de interligação FONTE-TC, como também a inexistência de circulação de corrente pelo relé.

d) *Pontos de medição*

- Terminais do relé, chaves de teste, terminais dos TC's principais e nas régua do quadro de proteção, etc.

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

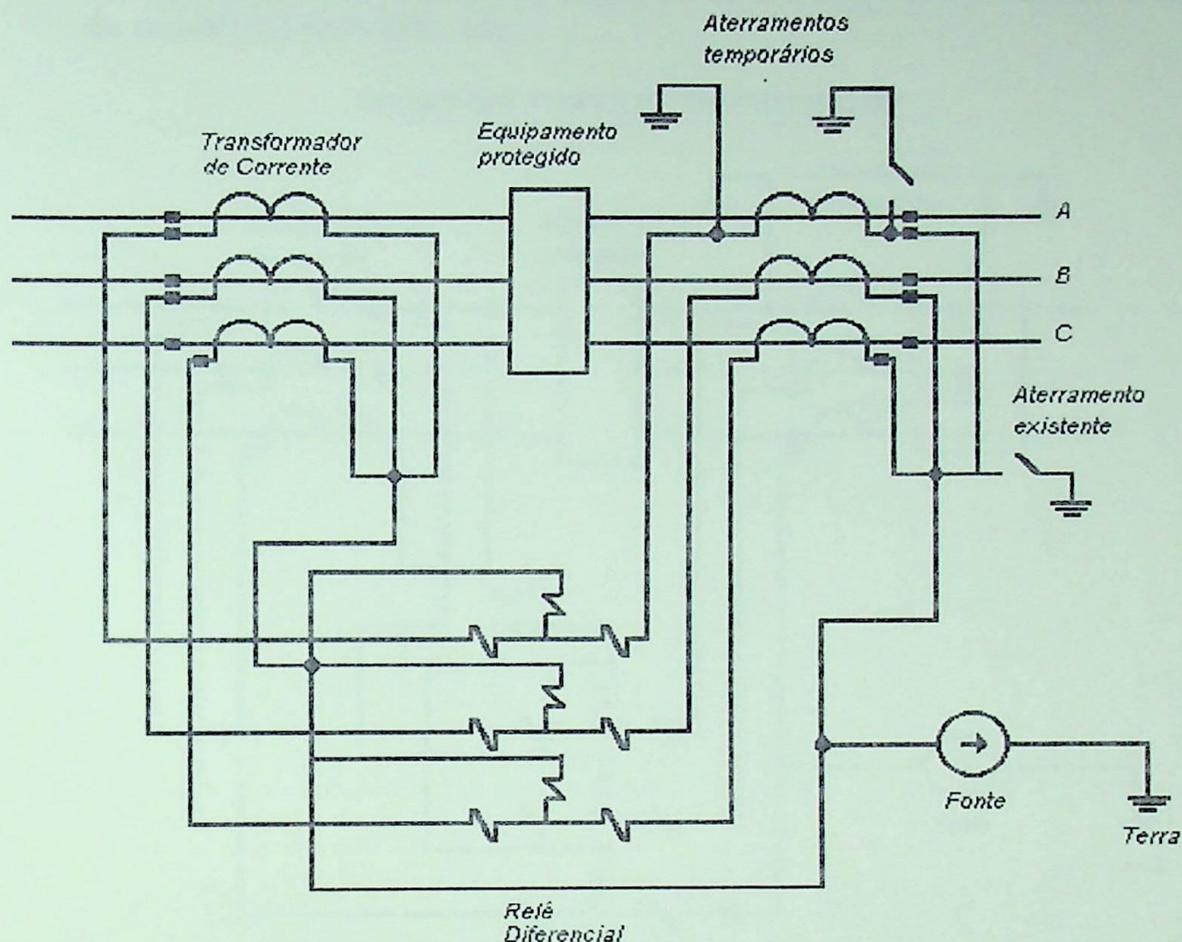


Figura 4-3 - Proteção Diferencial p/ TC's Principais Ligados em Estrela

4.3.2.2 TC's principais ligados em estrela-delta

SEQÜÊNCIA DE TESTES

- a) **Aterramento existente**
 - Desconectar.
- b) **Fonte**
 - Instalar no quadro de proteção e ligar entre a fase a ser testada e o terra
- c) **Aterramentos temporários**
 - Inicialmente no terminal do TC, contrário à saída da alimentação para o relé diferencial, medindo-se a corrente neste, no terminal correspondente à fase sob teste e em outra fase, dependendo do tipo de conexão do delta.
 - Em seguida no outro terminal do TC correspondente à saída de alimentação do relé diferencial, verificando a inexistência de corrente no relé e a circulação desta no trecho FONTE-TC principal

d) *Pontos de medição*

- Terminais do relé, chaves de teste, terminais dos TC's principais e nas régua do quadro de proteção, etc.

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

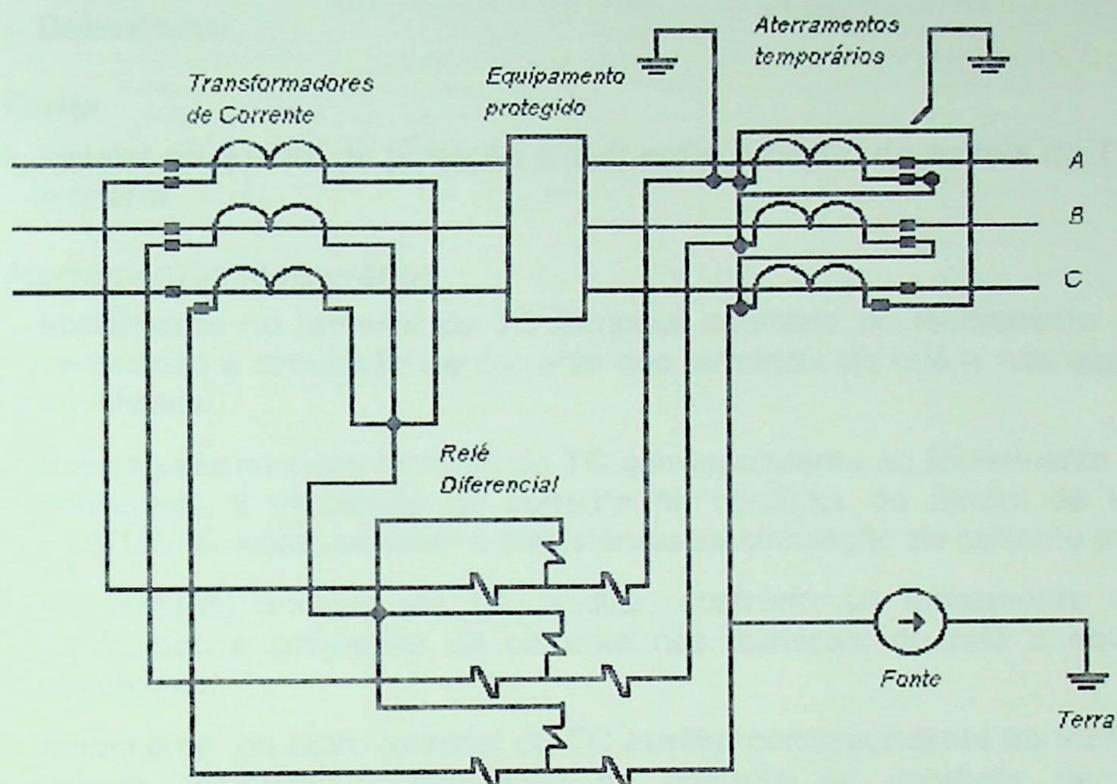


Figura 4-4 - Proteção Diferencial p/ TC's Principais Ligados em Estrela-Delta

4.3.2.3 TC's principais ligados em estrela com TC's auxiliares ligados em estrela-delta

SEQÜÊNCIA DE TESTES

a) Aterramento existente

- Desconectar

b) Fonte

- Instalar no quadro de proteção e ligar entre o neutro da estrela do TC principal e o terra

c) Aterramentos temporários

- Inicialmente no terminal do TC principal contrário ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente nos terminais do relé e nos equipamentos envolvidos.
- Em seguida no outro terminal do TC correspondente ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente no condutor do neutro de interligação FONTE-TC, como também a inexistência de circulação de corrente pelo relé.
- No terminal primário do TC auxiliar, contrário ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente nos terminais do relé e equipamentos envolvidos.
- Finalmente, no outro terminal do TC auxiliar correspondente ao fechamento da estrela, verificado a circulação de corrente no condutor de neutro de interligação FONTE-TC AUXILIAR, bem como a inexistência de circulação de corrente pelo relé.

d) Pontos de medição

- Terminais do relé, chaves de teste, terminais dos TC's principais e nas régua do quadro de proteção, etc.

Para se garantir a correta ligação das conexões dos secundários dos TC's auxiliares ligados em delta, é necessário que se façam as medições que comprovem a correta circulação de corrente em todos os terminais do relé diferencial como também nos equipamentos envolvidos.

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

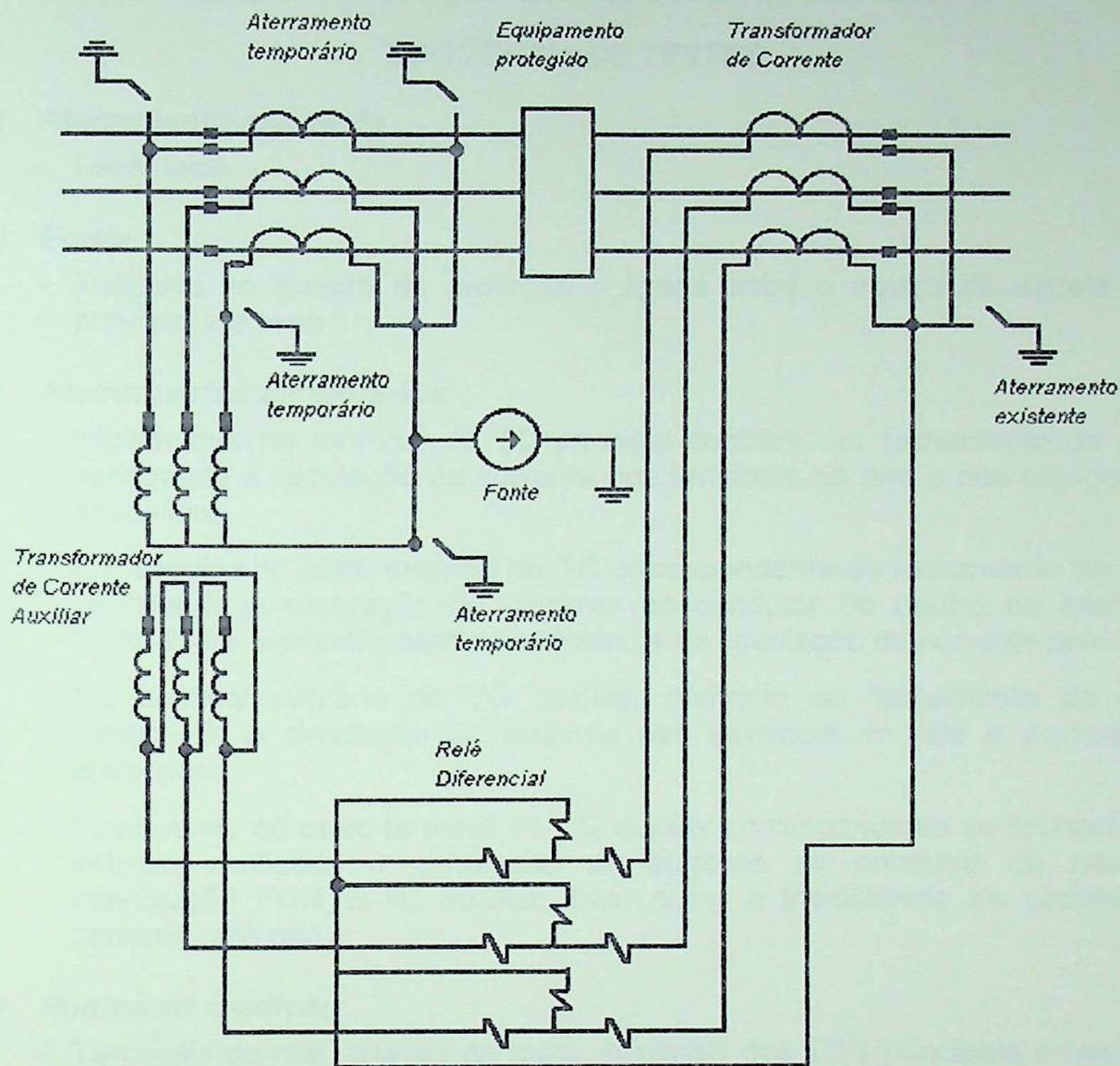


Figura 4-5 - Proteção Diferencial p/ TC's Principais Ligados em Estrela e TC's Auxiliares Ligados em Estrela-Delta

4.3.2.4 TC's principais ligados em estrela com TC's auxiliares ligados em estrela-estrela: 1ª Etapa - Aterramento do lado do relé diferencial

SEQÜÊNCIA DE TESTES

a) Aterramento existente

- Levantado.

b) Fonte

- Instalada no quadro de proteção e ligada entre o neutro da estrela do TC principal e o terra

c) Aterramentos temporários

- Inicialmente no terminal do TC principal contrário ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente nos terminais do relé e nos equipamentos envolvidos.
- Em seguida no outro terminal do TC correspondente ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente no condutor do neutro de interligação FONTE-TC, como também a inexistência de circulação de corrente pelo relé.
- No terminal primário do TC auxiliar, contrário ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente nos terminais do relé e equipamentos envolvidos.
- Finalmente, no outro terminal do TC auxiliar correspondente ao fechamento da estrela, verificado a circulação de corrente no condutor de neutro de interligação FONTE-TC auxiliar, bem como a inexistência de circulação de corrente pelo relé.

d) Pontos de medição

- Terminais do relé, chaves de teste, terminais dos TC's principais e nas régua do quadro de proteção, etc.

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

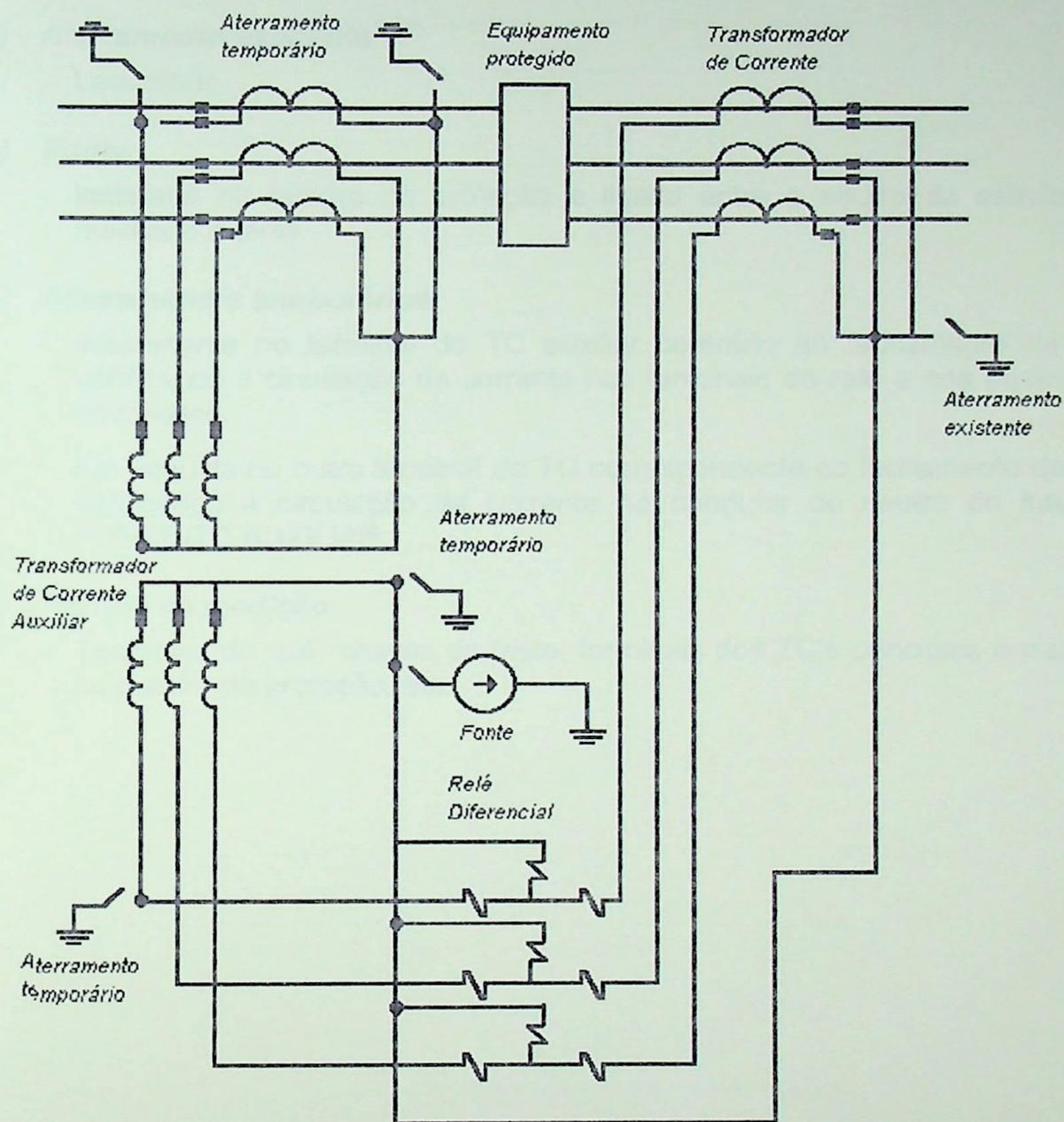


Figura 4-6 - Proteção Diferencial p/ TC's Auxiliares Ligados em Estrela - 1a.
Etapa: Aterramento do Lado do Relé Diferencial

4.3.2.5 TC's principais ligados em estrela com TC's auxiliares ligados em estrela-estrela: 2ª Etapa - Aterramento do lado do TC principal

SEQÜÊNCIA DE TESTES

a) Aterramento existente

- Levantado.

b) Fonte

- Instalada no quadro de proteção e ligada entre o neutro da estrela do TC auxiliar e o terra

c) Aterramentos temporários

- Inicialmente no terminal do TC auxiliar contrário ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente nos terminais do relé e nos equipamentos envolvidos.
- Em seguida no outro terminal do TC correspondente ao fechamento da estrela, verificando a circulação de corrente no condutor do neutro de interligação FONTE-TC AUXILIAR.

d) Pontos de medição

- Terminais do relé, chaves de teste, terminais dos TC's principais e nas régua do quadro de proteção, etc.

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

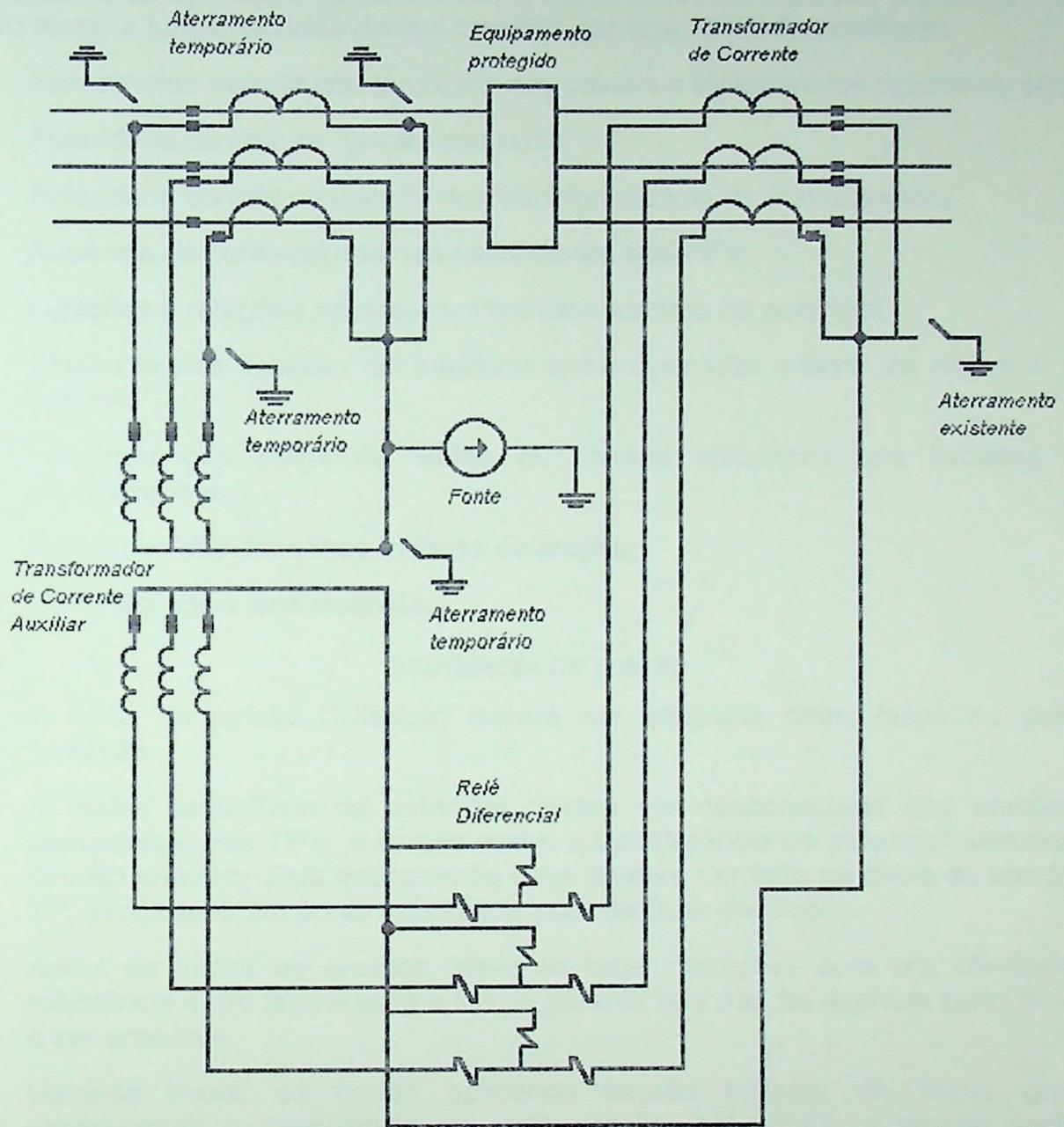


Figura 4-7 - Proteção Diferencial p/ TC's Auxiliares Ligados em Estrela - 2a. Etapa: Aterramento do Lado dos TC's Principais

4.4 Ensaios de aplicação de Potencial em Circuitos de Proteção

Os ensaios de aplicação de potencial [6] em circuitos de medição e proteção tem por objetivo testar a funcionalidade destes circuitos, ou seja, deverão confirmar:

- ◆ Faseamento correto nos terminais dos painéis e instrumentos ligados no circuito.
- ◆ Polaridade correta na ligação dos relés.
- ◆ Polaridade correta na ligação dos transformadores de instrumentos.
- ◆ Ausência de curto-circuito nos secundários dos TP's.
- ◆ Ligações e relações corretas nos transformadores de potencial
- ◆ Eficiência das ligações de interface entre o circuito interno do relé e o circuito externo.
- ◆ Eficiência dos *plugs* de testes ou chaves instalados nos circuitos ou no equipamentos.
- ◆ Fidelidade dos desenhos trifilares de projeto.

4.4.1 TP's ligados em estrela

SEQÜÊNCIA DE TESTES

- ◆ A fonte de tensão (trifásica) deverá ser instalada entre fases no painel de proteção.
- ◆ A malha secundária de potencial deverá ser desconectada dos enrolamentos secundários dos TP's, evitando assim a transferência do potencial secundário ao circuito primário. Esta desconexão deve sempre ser feita na caixa de terminais do TP, sendo este um ponto importante para se fazer medições.
- ◆ Antes de iniciar os ensaios, deve-se fazer medições com um ohmímetro, da resistência entre fase e terra a fim de garantir que não há nenhum curto no circuito a ser ensaiado.
- ◆ Deve-se iniciar os testes aplicando tensão trifásica de forma gradativa, assegurando a inexistência de curto-circuito, até atingir a tensão secundária nominal.
- ◆ Deve-se efetuar a medição da tensão plena fase-terra em todos os pontos e equipamentos envolvidos no circuito.
- ◆ Deve-se zerar a tensão na fase A e verificar a ausência de tensão plena nesta fase com relação às demais e, ao mesmo tempo, sua presença entre as fases A e B, em todos os pontos anteriormente medidos.
- ◆ Deve-se repetir este procedimento para as fases B e V
- ◆ Deve-se efetuar também medições nos cabos desconectados no secundários dos TP's garantindo com isto a correta ligação entre os pontos de aplicação de potencial e os transformadores.

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

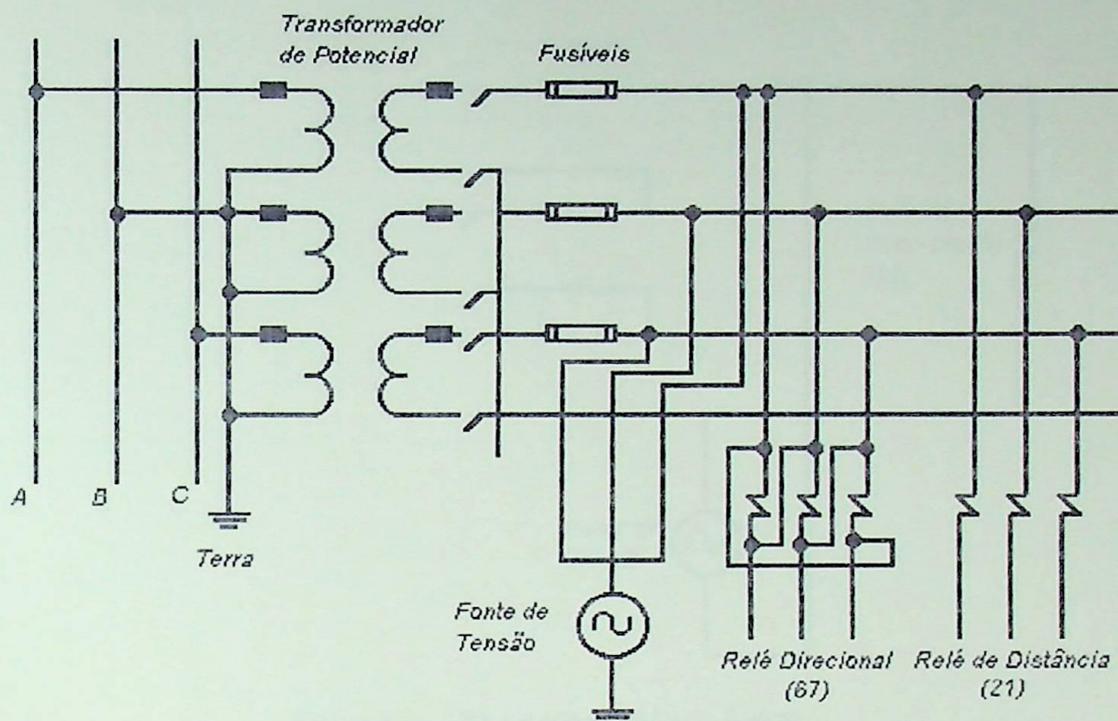


Figura 4-8 - TP's Ligados em Estrela

4.4.2 TP's ligados em delta aberto

- ◆ É importante observar que a fiação conectada nos terminais dos TP's devem ser desconectadas durante os testes
- ◆ Normalmente uma das extremidades do delta aberto é aterrada,
- ◆ Identificar este aterramento e certificar-se de que ele é único.
- ◆ Aplicar a fonte de tensão nos terminais do painel, conforme mostrado na figura abaixo.
- ◆ Atentar para o fato de que o terminal terra da fonte esteja conectado ao terminal aterrado do circuito
- ◆ Aumentar gradativamente a tensão, observando a inexistência de curto-circuito, até um valor de aproximadamente 5 Volt. Efetuar a medida de tensão nos relés e nos terminais do TP.
- ◆ Inicialmente, mede-se nos fios anteriormente ligados nos terminais dos TP's contra o terra.
- ◆ Conforme exemplificado na Figura 4.9, será medida tensão no terminal S2 da fase V, devendo-se encontrar zero nas demais fases.
- ◆ Em seguida, com um jumper entre S1/S2 da fase V, mede-se tensão em S2 da fase B.
- ◆ Finalmente, com um jumper em S1/S2 da fase V e S1/S2 da fase B, mede-se a tensão aplicada em S2 da fase A.
- ◆ Com esses procedimentos podemos atestar a ligação delta aberto dos TP's.

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTEÇÃO

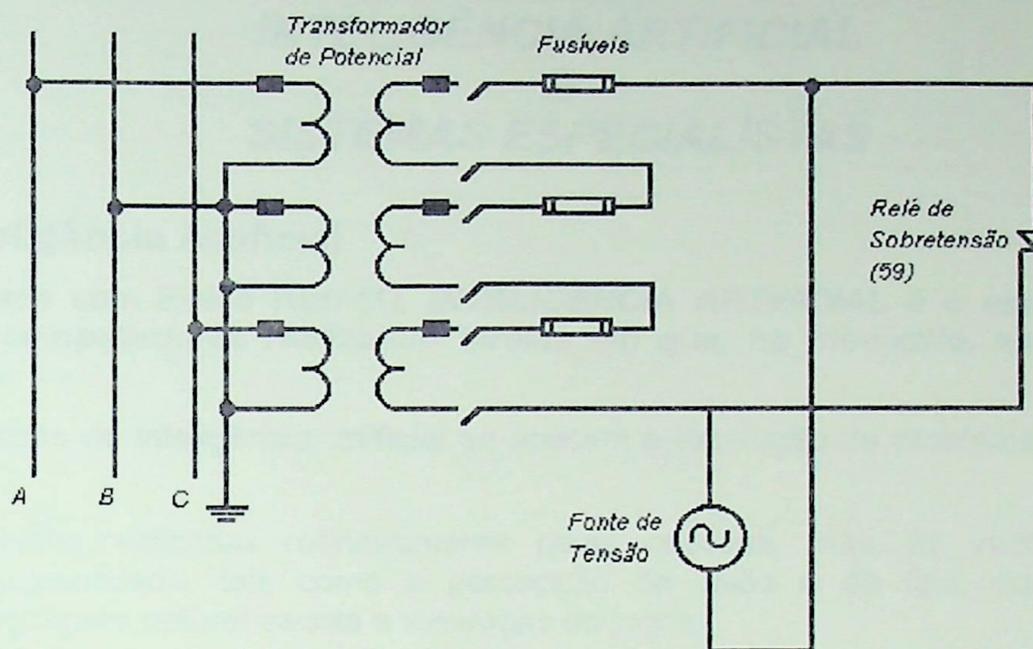


Figura 4-9 - TP's Ligados em Delta Aberto

CAPÍTULO V

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

E

SISTEMAS ESPECIALISTAS

5.1 Inteligência Artificial

De acordo com Elaine Rich [1], **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL** é o estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas em que, no momento, as pessoas são melhores.

As técnicas de Inteligência artificial se aplicam a resolução de problemas relacionados a:

- ♦ tarefas realizadas rotineiramente pelas pessoas, mas, às vezes, de grande complexidade, tais como a percepção da visão e da fala, compreensão de linguagem natural escrita e execução de jogos;
- ♦ tarefas complicadas realizadas por pessoas especializadas, tais como prova de teoremas, resolução de problemas de matemática simbólica, diagnose médica, análise química e projetos de engenharia.

5.2 Sistemas Especialistas

Os Sistemas Especialistas são sistemas baseados no conhecimento capazes de tratar um determinado problema, num domínio específico, imitando o comportamento de um especialista humano nesse domínio.

O Sistema Especialista soluciona problemas complexos através da utilização de um modelo computacional que utiliza métodos de inferência e de conhecimento, chegando às mesmas soluções a que chegaria um especialista humano.

Para construir um Sistema Especialista é necessário transferir o conhecimento do especialista para uma *base de conhecimento*. A transferência deste conhecimento e a sua representação formal, e feita pelo Engenheiro do Conhecimento, e se constitui em uma das mais difíceis fases da criação de um Sistema Especialista

Os Sistemas Especialistas derivam seu poder de muito conhecimento específico do domínio, e não de uma única e poderosa técnica.

O conhecimento exigido é sobre uma tarefa particular e é bem definido. Isso contrasta com o tipo de conhecimento amplo e de definição difícil que denominamos *bom senso*. É mais fácil construir Sistemas Especialistas do que sistemas com senso comum.

Um Sistema Especialista não pode ser construído sem o auxílio de pelo menos um especialista, que deverá estar disposto a gastar muito tempo para transferir seu conhecimento para o sistema.

Essa transferência de conhecimento ocorrerá gradativamente através de muitas interações entre o especialista e o sistema. O especialista nunca terá a informação correta da primeira vez.

A quantidade de conhecimento exigida depende da tarefa. Poderá oscilar de dezenas a milhares de regras.

A escolha da estrutura de controle para um sistema em particular depende das características específicas do sistema.

5.3 Estruturação de um Sistema Especialista

Os programas de Sistemas Especialistas são estruturados de forma a facilitar a estruturação e a representação do conhecimento, bem como agilizar o processo de procura.[4]

Esses programas possuem elevado grau de flexibilidade e facilidade de modificação e de atualização do conhecimento, e permitem que novas regras possam ser adicionadas sem que isso implique em alterações no resto do programa.

A estrutura de um Sistema Especialista consiste de:

5.3.1 Base de Conhecimento

A Base de Conhecimento pode ser:

- ♦ uma base de dados, ou base de fatos, onde são apresentados os fatos estáticos ou estruturais (que não sofrem mudanças ao longo de um caso), e os dinâmicos (que podem sofrer mudanças a qualquer momento durante um caso)
- ♦ um conjunto de regras associativas de fatos ou de soluções, com indicação de sua aplicabilidade e de suas ações correspondentes.

5.3.2 Motor de Inferência

O motor de inferência de um Sistema Especialista consiste de uma estratégia de controle que faz a gestão da base do conhecimento, especificando a ordem apropriada na qual as regras serão executadas e como resolver conflitos quando mais de uma regra puder ser aplicada.

A seguir executa estas regras aplicando as técnicas de procura e solução de problemas, de aplicação do conhecimento, de tratamento de incertezas e de tratamento de conflitos, realizando inferências (deduções).

O Motor de Inferência é independente da Base de Conhecimento.

5.3.3 Interface com o Especialista

A interface com o Especialista permite o acesso à Base de Conhecimento para possibilitar sua alteração ou atualização.

5.3.4 Interface com o Usuário

A interface com o usuário permite executar o programa, fornecer informações adicionais, obter respostas e, quando necessário, as explicações e justificativas sobre o processo de obtenção da solução apresentada. É responsável pelo processo de comunicação amigável entre o usuário e o Sistema Especialista.

A figura abaixo ilustra uma estrutura de um Sistema Especialista [4]:

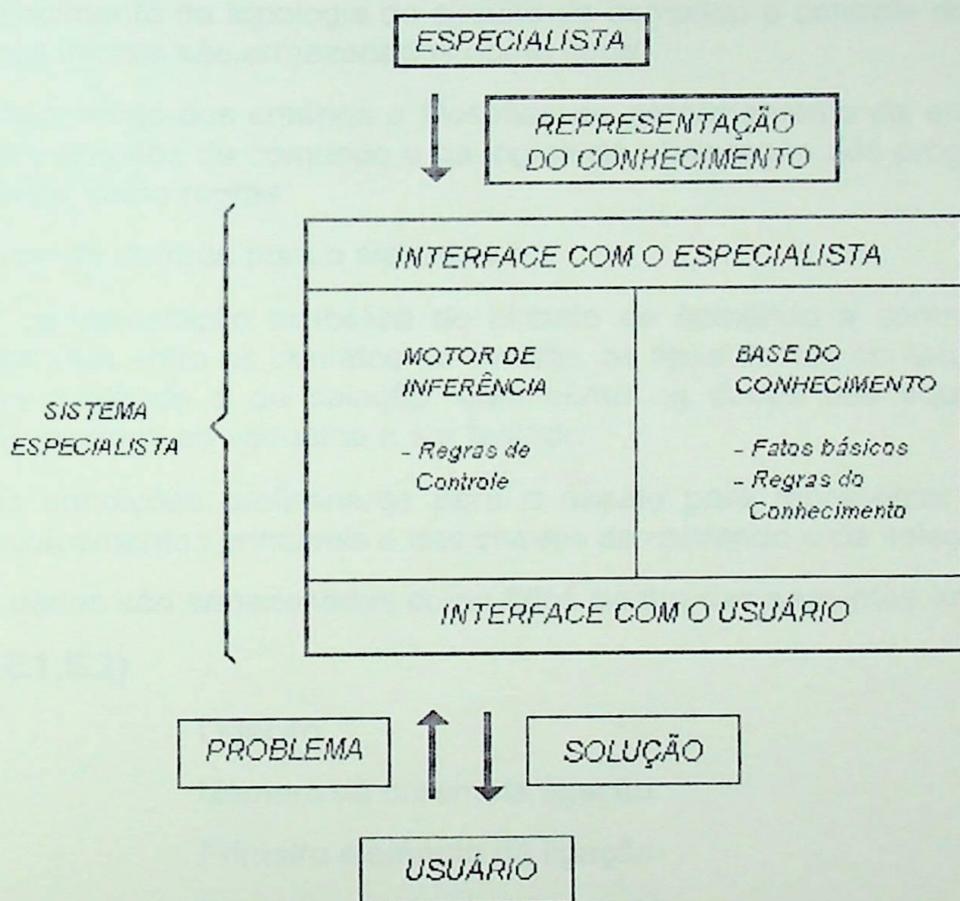


Figura 5-1 - Estrutura de um sistema Especialista

CAPÍTULO VI

SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS

6.1 Sistema Especialista para Automatização de Ensaio Funcionais em Circuitos de Comando e Controle

6.1.1 Base do Conhecimento

No Sistema Especialista desenvolvido para a Automatização de Ensaio Funcionais, o conhecimento foi reunido e formalizado de duas formas:

O conhecimento da topologia do circuito de comando e controle dos atributos estáticos e dinâmicos iniciais são armazenados como fatos.

O conhecimento dos critérios e filosofias de gerenciamento da entrada dos dados, de análise dos circuitos de comando e da lógica de elaboração dos programas de testes são armazenados como regras.

Os dados de entrada para o sistema são:

- ◆ a representação simbólica do circuito de comando e controle , abrangendo as ligações entre os contatos do circuito, os tipos destes contatos, os relés e chaves de comando e de seleção, bem como os dados dos equipamentos principais associados ao esquema a ser testado;
- ◆ as condições preliminares para o ensaio para representar o estado atual dos equipamentos principais e das chaves de comando e de seleção;

Esses dados são armazenadas como fatos dentro das seguintes estruturas:

lig(n,E1,E2)

lig:	Ligação
n:	Número de ordem da ligação
E1:	Primeiro elemento da ligação
E2:	Segundo elemento da ligação

contato(n,Ident_Contato,Tipo_Contato,Classe_Equip,Ident equip)

contato:	Contato auxiliar associado a relé ou a equipamento principal
n:	Número de ordem do contato
Ident_Contato:	Identificação do contato
Tipo_Contato:	Tipo do contato, se <i>normalmente aberto</i> ou <i>normalmente fechado</i>
Classe_Equip:	Classe do equipamento ao qual pertence o contato: Relé, Disjuntor, Seccionadora, , Chaves de comando ou de seleção..
Ident_Equip:	Identificação do Equipamento ao qual pertence o contato.

db_eq(n,Ident_Equip,Classe_Equip,Estado_Equip)

n: Número de ordem do Equipamento

Ident_Equip: Identificação do Equipamento ao qual pertence o contato.

Classe_Equip: Classe do equipamento ao qual pertence o contato: Relé,

Estado_Equip: Estado Equipamento se Aberto ou Fechado

Os dados em *itálico* são dados dinâmicos iniciais e contêm o estado em que se encontram os equipamentos principais da instalação no momento da execução dos testes.

Os demais são atributos estáticos que se mantêm inalterados, a não ser que sejam modificados pelo usuário em função de alteração ocorrida na topologia do circuito de comando e controle.

Estes dados são armazenados em um arquivo de dados denominado com extensão ".DAT"

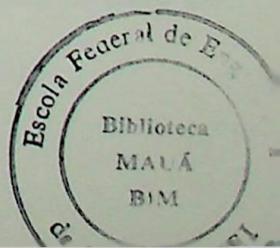
Para descrever e caracterizar o circuito de comando apresentado como exemplo no anexo I, foram necessários, utilizando estes 3 tipos de estrutura, um total de **333 fatos**.

Por sua vez as regras que armazenam o conhecimento do especialista foram estruturados através de regras de produção formalizados utilizando-se da lógica dos predicados.

Esta regras apresentam, de forma simplificada, relações do tipo:

♦ **Para o gerenciamento da entrada de dados:**

- **Se** E1 é o primeiro elemento de um circuito
Então E1 deve ser introduzido como sendo a barra de tensão positiva, representada pelo símbolo "+"
- **Se** E1 é um elemento novo no circuito
Então E1 deve ser necessariamente o segundo elemento de uma ligação
- **Se** E1 é o último elemento de um ramo do circuito
Então E1 deverá se necessariamente um relé
- **Se** a ligação já existe
Então a ligação não pode ser novamente implementada
- **Se** os atributos de um elemento não são conhecidos
Então é necessário informar os atributos do elemento
- **Se** algum atributo de um elemento não é conhecido
Então é necessário apenas informar os demais atributos desconhecidos
- **Se** um elemento de uma ligação não está ligado a um elemento de outra ligação
Então é necessário informar a ligação complementar.



- **Se** o elemento de uma ligação não é um RELÉ
Então é assumido que o estado inicial do equipamento é *aberto*.
- **Se** E1 é o segundo elemento de uma ligação e é uma bobina de relé
Então assume-se automaticamente que este elemento está ligado à barra de tensão negativa, representada pelo símbolo "-".
- **Se** uma ligação é retirada do circuito
Então todas as ligações que ficarem em aberto deverão ser retiradas

◆ Para análise do circuito de comando

- **Se** um contato está ligado à bobina de um relé
Então o contato pertence ao circuito de atuação do relé
- **Se** um contato está ligado a um contato que pertence ao circuito de atuação de um relé
Então este contato é anexado a um circuito de atuação do relé
- **Se** um contato anexado a um circuito de atuação de um relé está também ligado a um outro elemento já anexado ao mesmo circuito
Então este contato deverá ser retirado do circuito de atuação do relé porque representa um laço fechado
- **Se** um contato anexado a um circuito de atuação de um relé está ligado diretamente à barra de potencial positivo
Então fica determinado um circuito de atuação do relé
- **Se** um circuito de atuação de um relé contém dois contatos de um mesmo relé, de tipos diferentes, isto é, um normalmente fechado e um normalmente aberto
Então o circuito é desprezado pois não será um circuito efetivo.

◆ Para a elaboração do Programa de testes

- **Se** dois contatos estão ligados à bobina de um determinado relé de comando
Então os dois contatos são considerados contatos de primeiro nível
- **Se** dois contatos estão ligados simultaneamente a contatos de mesmo nível
Então esses contatos são de mesmo nível, mas diferente do nível dos contatos a que ele está ligado.
- **Se** dois contatos são de níveis diferentes,
Então o contato que estiver mais próximo da bobina do relé é o de mais baixo nível.
- **Se** ao testar um relé se verificar que um dos contatos de seu circuito de atuação for comum a um circuito de atuação de outro relé

Então deve-se isolar a bobina do outro relé antes de iniciar os testes

- **Se** ao iniciar os testes não houver pelo menos um contato fechado em cada nível

Então deve-se provocar o fechamento de um contato em cada nível antes de se iniciar os testes

- **Se** houver pelo menos um contato fechado em cada nível de um circuito de atuação de um determinado relé

Então o relé está operado

- **Se** todos os contatos de um nível de um circuito de atuação de um determinado relé estiver abertos

Então o relé está desoperado

- **Se** um contato pertence ao circuito de atuação de um relé

Então deve-se testar sua influência na operação e desoperação do relé

6.1.2 Descrição do Programa

O Sistema Especialista para Elaboração de Programas de testes Funcionais é implantado em microcomputador através da execução do arquivo EXPERT.BAT.

Ao ser implantado, é criado automaticamente o diretório de trabalho, onde serão armazenados os programas executáveis e os arquivos de dados de entrada e de saída. Os arquivos executáveis são então copiados automaticamente para o referido diretório.

Será mostrada a utilização do módulo de entrada de dados para o circuito exemplo da figura abaixo:

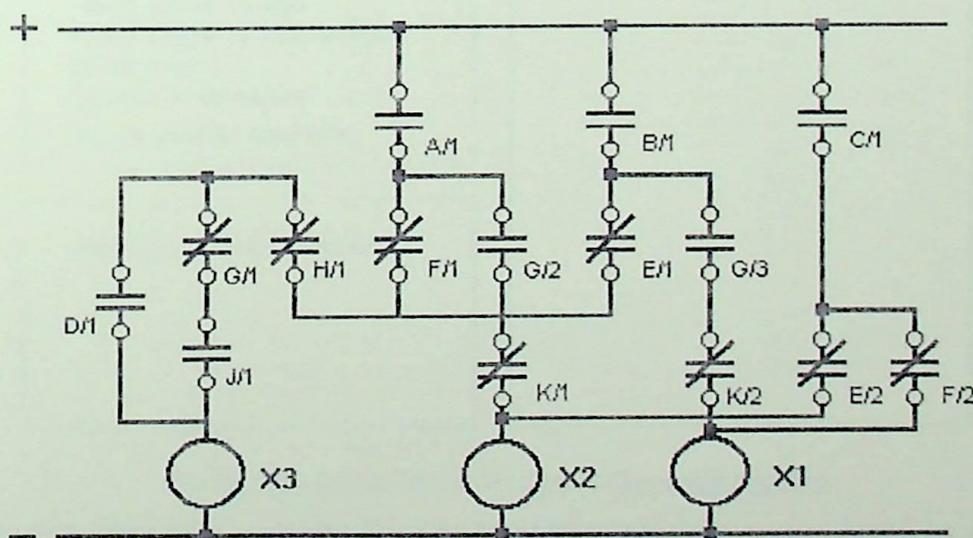


Figura 6-1 - CIRCUITO FUNCIONAL P/ EXEMPLO

6.1.2.1 Entrada de Dados

O programa de entrada de dados para a elaboração dos programas de testes funcionais é inicializado ao executar o programa ENTRADA.EXE.

O Menu principal apresenta as seguintes opções:

- ◆ Carregar arquivo
- ◆ Incluir ligação
- ◆ Excluir ligação
- ◆ Gerar circuitos
- ◆ Alterar tipos de contatos
- ◆ Alterar classe dos equipamentos
- ◆ Salvar arquivo
- ◆ Cancelar modificações
- ◆ ESC para sair do programa

A opção carregar arquivo permite a utilização de arquivos de dados com a extensão ".DAT" previamente gravado e disponível no diretório de acesso do programa. Estes arquivos são mostrados na tela de entrada do programa e são selecionados por menu.

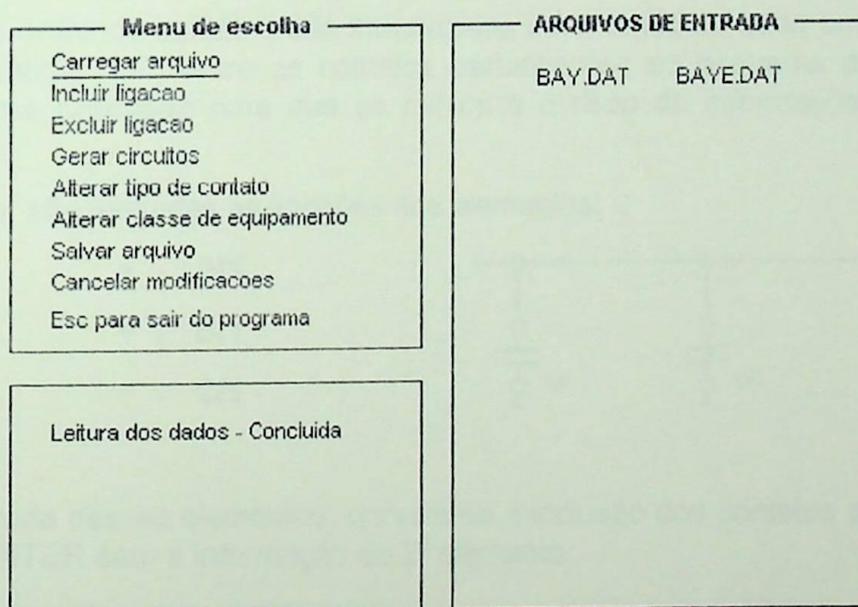


Figura 6-2 - Menu Principal - Opção Carregar arquivo

A opção Incluir ligação permite incluir ligações em um novo arquivo de dados, cujo nome será fornecido pelo usuário ao final da inclusão dos dados do circuito a ser testado ou incluir ligações em um arquivo de dados carregado previamente pela opção "Carregar arquivo".

A entrada dos dados consiste na transcrição do diagrama funcional para um arquivo no qual serão gravadas todas as informações necessárias ao processamento.

Estas informações são, em síntese, as ligações entre os contatos do circuito, as ligações entre os contatos e as bobinas dos relés, os tipos dos contatos e os nomes dos equipamentos principais associados, que o programa assume como abertos ou desoperados.

A entrada de ligações inicia-se sempre pela barra de positivo.

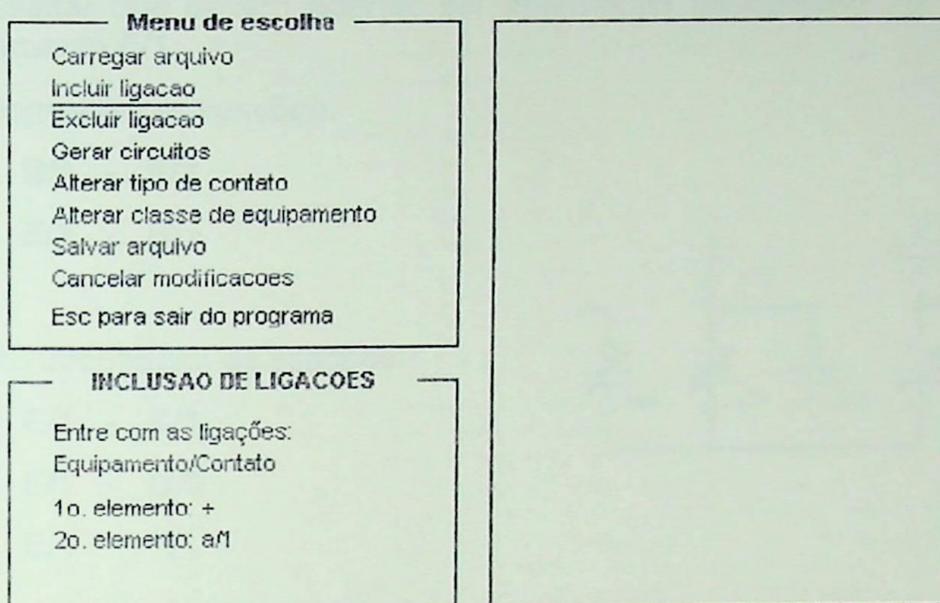


Figura 6-3 - Inclusão do primeiro elemento

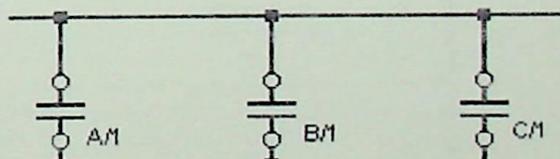
As ligações entre os contatos são introduzidas informando-se cada uma das ligações, apenas no sentido "+/-", entre os contatos pertencentes ao esquema a ser testado, e ocorre de forma orientada para que se minimize o risco de informações incorretas ou inconsistentes.

Inicialmente, são incluídas as ligações dos elementos:

+ - A/1

+ - B/1

+ - C/1



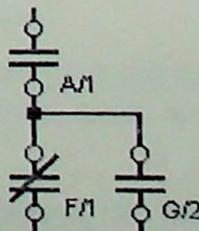
Após a entrada desses elementos, encerra-se a inclusão dos contatos de primeiro nível teclando-se ENTER sem a informação de 2º elemento.

É então solicitada, automaticamente pelo programa, a inclusão dos elementos do circuito ligados ao primeiro elemento informado:

Para o elemento A/1 são informadas, então as ligações:

A/1 - F/1

A/1 - G/2



Em seguida são informados, sucessivamente, os elementos ligados aos contatos **B/1** e **C/1**.

O programa pedirá então, passo a passo, a inclusão dos elementos de 3^o nível, ou seja, os elementos ligados aos contatos **F/1**, **G/2**, **E/1** e **G/3**, na seqüência em que os mesmos foram incluídos.

Deve-se ressaltar que devem apenas ser informadas as ligações no sentido +/-, ou seja, para o elemento **E/1**:

- ◆ São informadas as ligações:

B/1 - E/1

E/1 - H/1

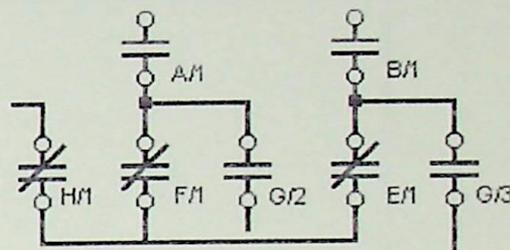
mas

- ◆ Não são informadas as ligações:

E/1 - B/1

E/1 - G/3

E/1 - F/1



- ◆ Estas ligações são inferidas pelo Sistema Especialista a partir dos fatos e regras armazenados na base de conhecimento.

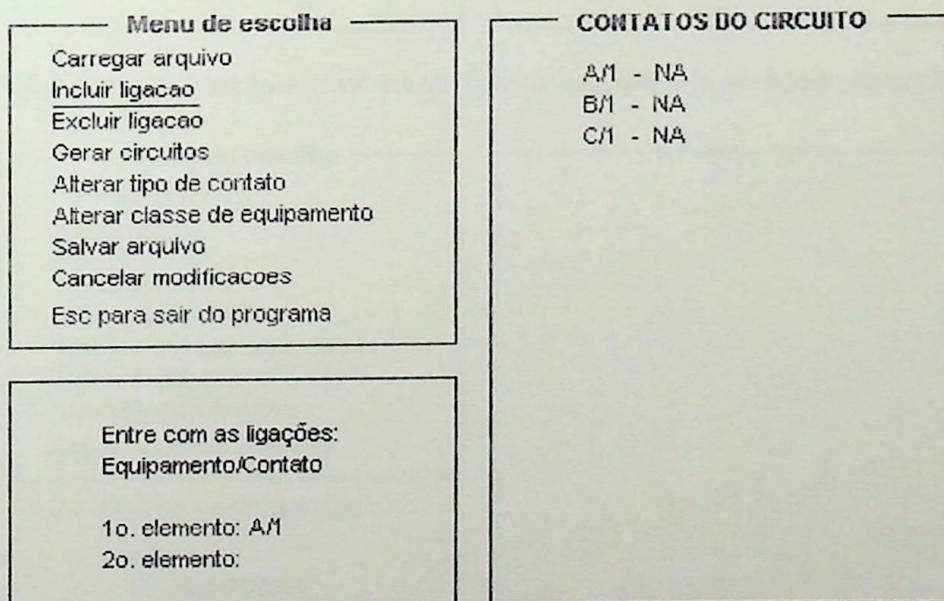


Figura 6-4 - Inclusão de ligação - Solicitação automática de complementação do circuito

Após a inclusão de cada ligação, é feita a identificação do **tipo do contato** (NA ou NF) (fig. 6.5) e do **nome do equipamento** ao qual o contato está associado (disjuntor, seccionadora, relé, etc.) (fig. 6.6):

A necessidade destas informações é definida pelo programa de tal modo que apenas são solicitadas as informações que ainda não tenham sido fornecidas.

Por exemplo:

- ◆ Quando for informada a ligação **A/1-G/2** é necessário informar o tipo do equipamento **G** e o tipo do contato **G/2**, mas ao informar a ligação **B/1-G/3**, é necessário informar apenas o tipo do contato, pois o mesmo se refere ao equipamento **G**, já identificado na inclusão da ligação **A/1-G/1**
- ◆ Ao ser informada a ligação **F/1-H/1**, é necessário informar o tipo do equipamento **H** e o tipo do Contato **H/1**, mas ao informar a ligação **E/1-H/1**, não é solicitada nenhuma informação complementar, pois todos os dados relacionados com o elemento **H/1** já foram informados ao incluir a ligação **F/1-H/1**.

<p style="text-align: center;">Menu de escolha</p> <p>Carregar arquivo <u>Incluir ligacao</u> Excluir ligacao Gerar circuitos Alterar tipo de contato Alterar classe de equipamento Salvar arquivo Cancelar modificacoes Esc para sair do programa</p>	
<p>Tipo do contato A/1</p> <p style="text-align: center;">NA <u>NF</u></p>	

Figura 6-5 - Solicitação automática do Tipo do equipamento associado ao contato

<p style="text-align: center;">Menu de escolha</p> <p>Carregar arquivo <u>Incluir ligacao</u> Excluir ligacao Gerar circuitos Alterar tipo de contato Alterar classe de equipamento Salvar arquivo Cancelar modificacoes Esc para sair do programa</p>	
<p style="text-align: center;">TIPO DE EQUIPAMENTO</p> <p style="text-align: center;">RELE SECCIONADORA DISJUNTOR CHAVE SELETORA CH TRANSF/PROT</p>	

Figura 6-6 - Inclusão de ligação - Solicitação automática do tipo do contato

Este processo repete-se sucessivamente até que a ligação de todos os elementos seja informada, garantindo a integridade do circuito a ser testado, ou seja, quando o último contato de um ramo estiver ligado a pelo menos uma bobina de relé:

Para que sejam distinguidos contatos de equipamentos das bobinas de relés, os contatos são informados com o símbolo do equipamento ou relé a que o mesmo está associado, seguido de uma barra e o número identificador do contato no circuito.

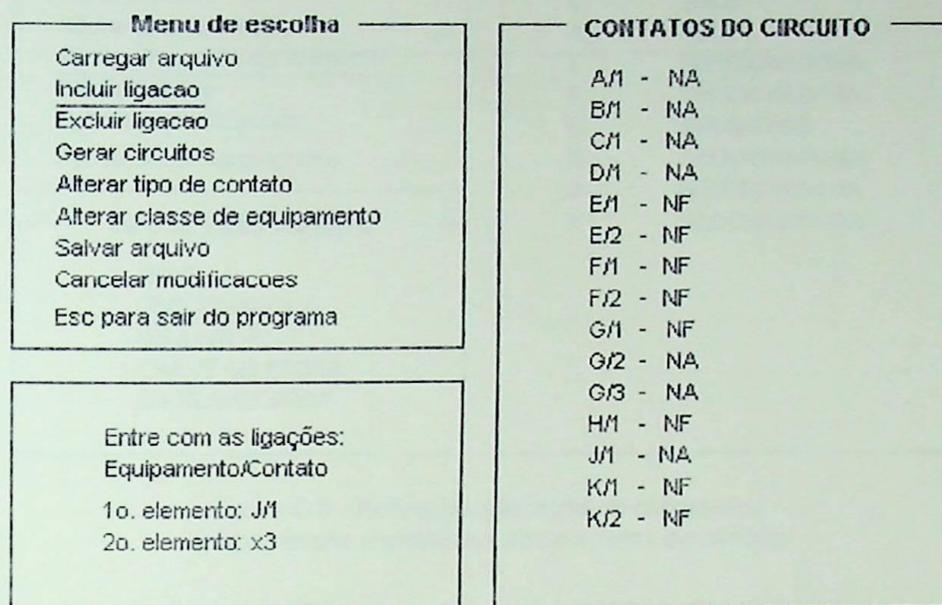


Figura 6-7 - Inclusão de ligação de um contato a uma bobina de relé

Este módulo permite ainda que se façam as devidas correções caso tenha ocorrido algum erro de digitação ou de esquecimento, ou alteração na topologia do circuito a ser testado, através das opções Incluir ligação, Excluir ligação, Alterar tipo de contato, e Alterar classe de equipamento.

◆ Para Alterar a classe de equipamento:

- seleciona-se um dos elementos do circuito a partir do menu mostrado na figura 6.8;
- seleciona-se o novo tipo do equipamento, conforme o menu mostrado na figura 6.8

Esta atualização é mostrada imediatamente na tela.

Para Alterar o tipo de contato, basta teclar **ENTER** sobre o contato selecionado no menu da figura 6.9 para ocorrer imediatamente a mudança de um contato do tipo **NF** para **NA** ou do tipo **NA** para **NF**.

- ◆ No caso de inclusão de ligações, deve-se salientar que é feita uma conferência dos dados informados com os já armazenados na base de conhecimento, para:
 - Evitar que um contato não esteja ligado a outro elemento já existente no circuito;
 - que uma mesma ligação seja informada em duplicidade.

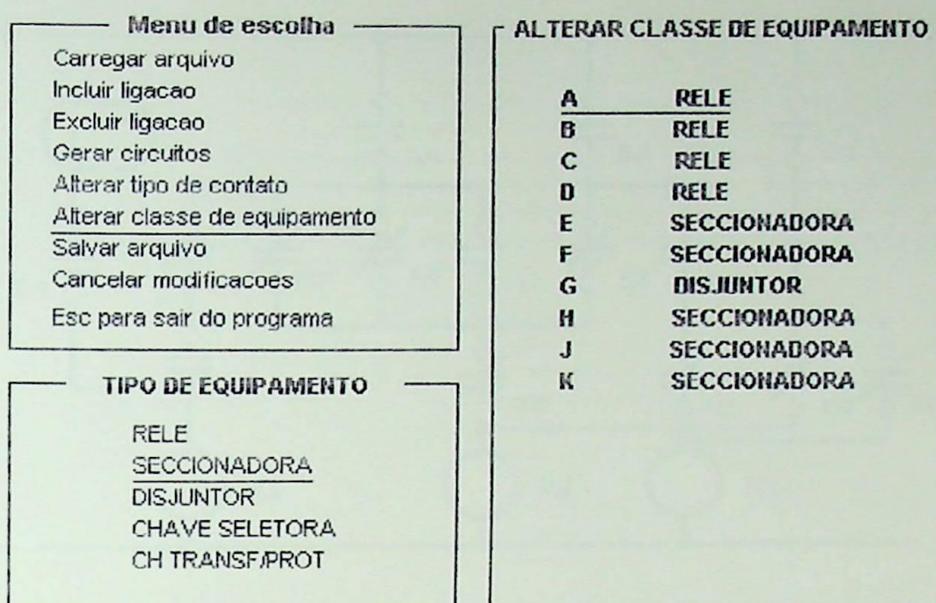


Figura 6-8 - Rotina de alteração da classe dos equipamentos associados aos contatos do circuito

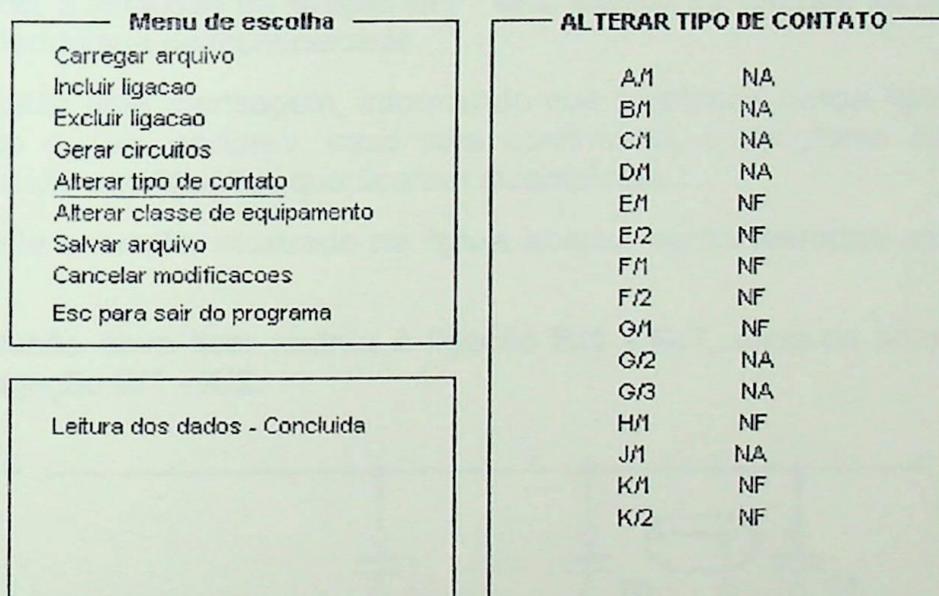


Figura 6-9 - Rotina de alteração do tipo do contato

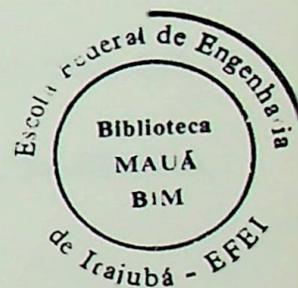
Observa-se que tanto a inclusão como a exclusão de ligações é controlada pelo programa de tal modo que o circuito fique sempre completo, sem discontinuidades.

A rotina de inclusão de ligações só é considerada completa se cada elemento novo a ser inserido no circuito de comando estiver ligado a dois outros elementos do circuito.

A rotina de exclusão de ligações verifica se os elementos retirados do circuito acarretam sua discontinuidade e solicita a confirmação para a exclusão das demais ligações que ficarem em aberto.

A retirada de uma ligação implica na retirada automática de todas as ligações associadas ao elemento afetado e, se o equipamento não estiver relacionado a nenhum outro contato, a retirada de todas as informações referentes ao próprio equipamento.

Por exemplo, a retirada da ligação H/1 - D/1, da fig. 6.10 implica na retirada do elemento D/1 e da ligação D/1 - X3, sem, no entanto, causar discontinuidade no circuito.



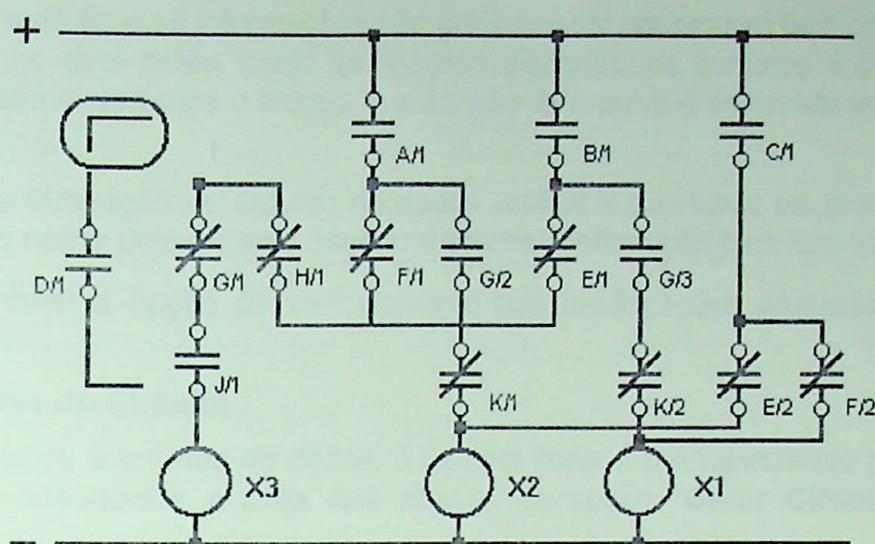


Figura 6-10 - Exclusão de ligação sem causar descontinuidade
único elemento excluído

Por outro lado, a exclusão da ligação **B/1 - G/3**, implica na retirada do elemento **G/3** do circuito, provocando sua descontinuidade.

É emitida, então uma mensagem, informando que a retirada dessa ligação implica em descontinuidade e que, portanto, caso seja confirmada, o programa automaticamente efetuará a exclusão das ligações que ficarem incompletas.

No caso deste exemplo, mostrado na figura abaixo, serão retiradas as ligações **G/3 - K/2** e **K/2 - X1**.

Caso a exclusão deva ficar restrita à ligação **B/1 - G/3**, deve-se antes de efetuá-la, acrescentar a ligação **B/1 - K/2**.

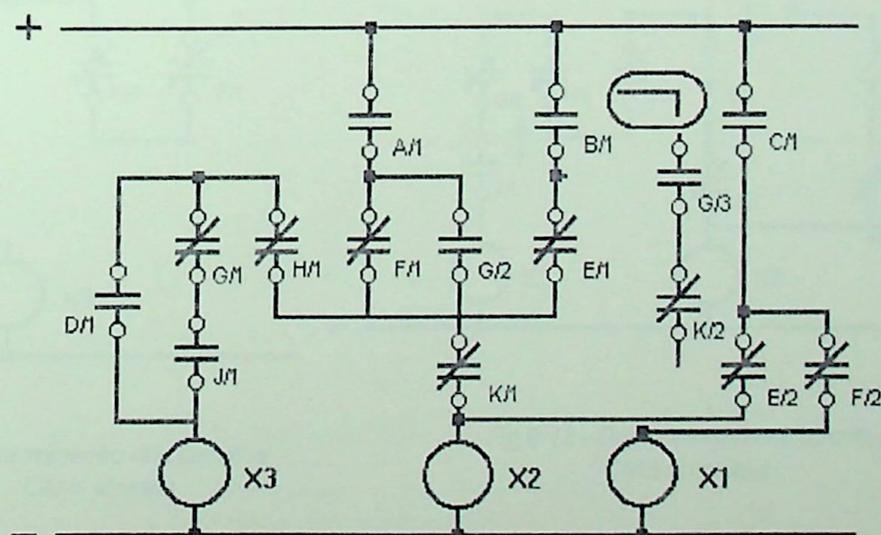


Figura 6-11 - Exclusão de ligação com descontinuidade
Necessidade de exclusão de outras ligações

Concluída esta fase as informações são gravadas em um arquivo cujo nome é fornecido pelo usuário no qual estão todas as ligações digitadas, os contatos e seus tipos e as condições preliminares para o ensaio. A extensão do arquivo é assumida automaticamente como "DAT".

A rotina de Gravação de arquivo de dados verifica a existência de arquivos de dados com o mesmo nome definido pelo usuário e solicita confirmação para sua atualização.

Existe também a opção de cancelamento das modificações efetuadas na base de conhecimento.

6.1.2.2 Análise do Circuito

Após concluída a entrada de dados, o usuário inicia o processamento para a geração dos circuitos associados a cada relé através da opção "Gerar Circuitos" do menu principal.

Os circuitos determinados são gravados automaticamente num arquivo de mesmo nome do arquivo de dados, mas com a extensão "CTO".

A determinação de todos os circuitos do diagrama a ser testado é feita a partir das ligações existentes no arquivo de dados. O programa cria uma lista com todos os relés contidos no esquema para depois encontrar os diversos circuitos que provocam sua operação.

A descoberta dos circuitos é feita através de uma técnica de busca em profundidade na qual, a partir de cada relé vai-se encontrando e anexando ao circuito cada contato que faça parte do caminho até encontrar a barra de potencial positivo.

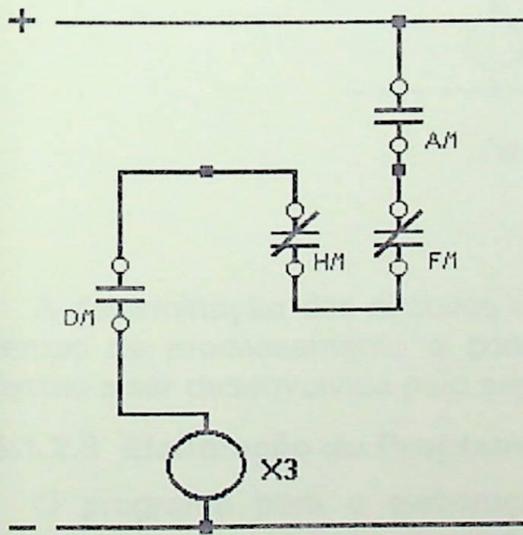


Fig 6-12 - Determinação dos circuitos
Caso simples

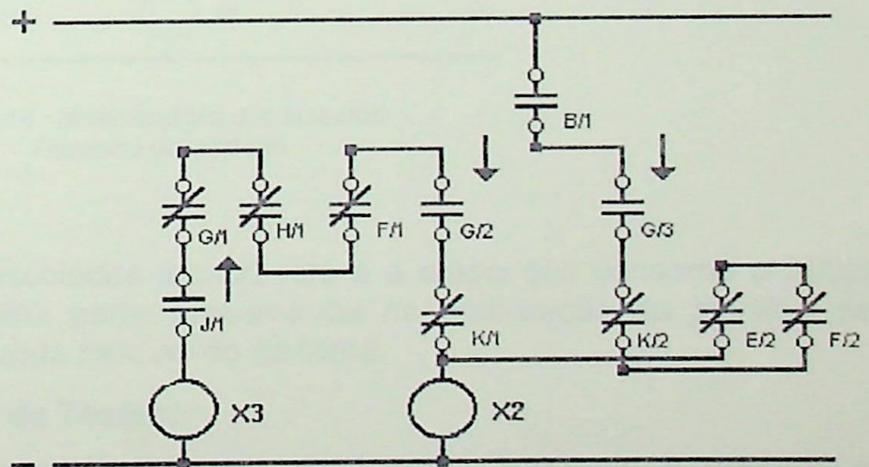


Fig 6-13 - Determinação dos circuitos
Caso complexo

Neste momento fica determinado um circuito que é incluído em uma lista que conterà os circuitos de todos os relés do diagrama.

Esta busca usa, para descobrir um circuito, as ligações entre os contatos, verificando qual o próximo contato que está ligado com o último contato já anexado ao circuito até encontrar:

- ◆ a barra de potencial positivo, que finaliza um circuito, ou
- ◆ um contato que já faça parte do caminho, o que representa um laço fechado, ou
- ◆ a bobina do próprio relé, o que representa uma volta à origem.

No primeiro caso o caminho é incorporado à lista de circuitos e, nos outros dois casos, é desprezado.

Como no circuito exemplo, o programa é capaz de identificar caminhos simples ou complexos, como podemos verificar nas duas figuras seguintes:

Depois de determinados todos os circuitos do diagrama, o programa passa à verificação dos caminhos conflitantes, ou seja, verifica em todos os caminhos a existência de dois contatos, de um mesmo equipamento, de tipos diferentes (um NA e um NF), situação esta que não formará um caminho fechado.

Caso encontre algum destes caminhos o programa o descarta, como no caso da figura 6.15 devido ao fato de que os contatos **G/2** e **G/3** são normalmente abertos, enquanto que o contato **G/1** é normalmente fechado e todos pertencentes ao mesmo equipamento **G**.

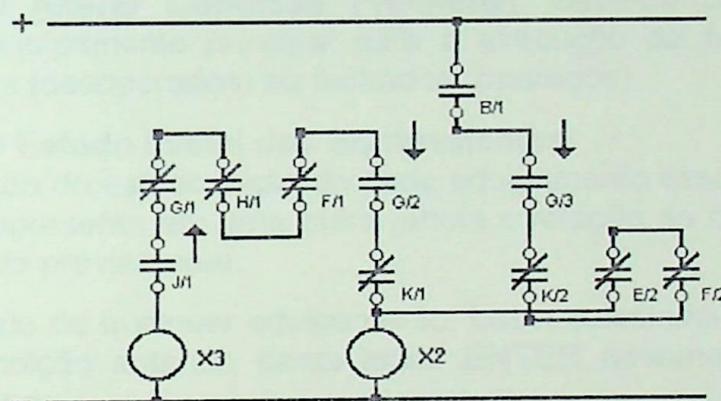


Fig 6-14 - determinação dos circuitos
Caminho descartado

A determinação dos circuitos associados a cada relé é a etapa que consome o maior tempo de processamento e constitui parte fundamental na elaboração da planilha de testes a ser desenvolvida pelo segundo módulo do Sistema.

6.1.2.3 Elaboração do Programa de Testes.

O programa para a elaboração de testes em circuitos de comando e controle é inicializado ao executar o programa TESTE.EXE.

O menu principal apresenta as seguintes opções:

- ◆ Elaborar Programa de Testes
- ◆ Exibir Programa de Testes
- ◆ Imprimir Programa de testes
- ◆ Alterar Condição Preliminar
- ◆ ESC para sair do Programa

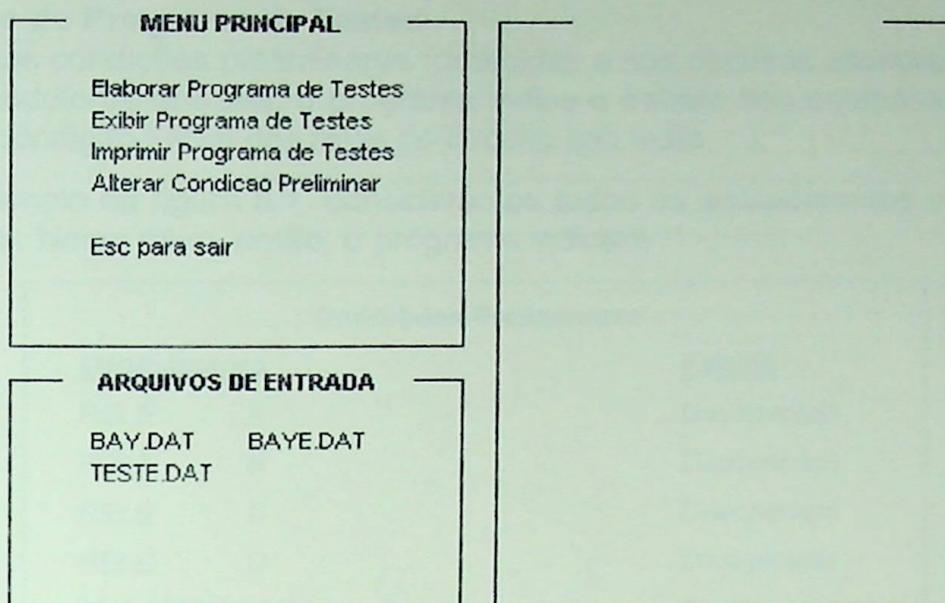


Figura 6-15 - Módulo de Teste - Menu Principal

Através da opção **Alterar Condição Preliminar**, deve-se determinar a condição preliminar de cada equipamento principal para a execução do ensaio, ou seja, se os mesmos estão abertos (desoperados) ou fechados (operados).

A- Determinação do Estado Inicial dos Equipamentos

Para a determinação do estado inicial de cada equipamento associado ao circuito a ser testado o Programa apresenta em uma outra janela a relação de cada equipamento com estado inicial informado previamente.

Para alterar o estado de qualquer equipamento, basta selecioná-lo e teclar ENTER. Se quiser retornar à condição anterior, basta teclar ENTER novamente sobre o nome do equipamento selecionado

A figura 6.16 mostra a tela para a opção de **Alteração da Condição Preliminar**.

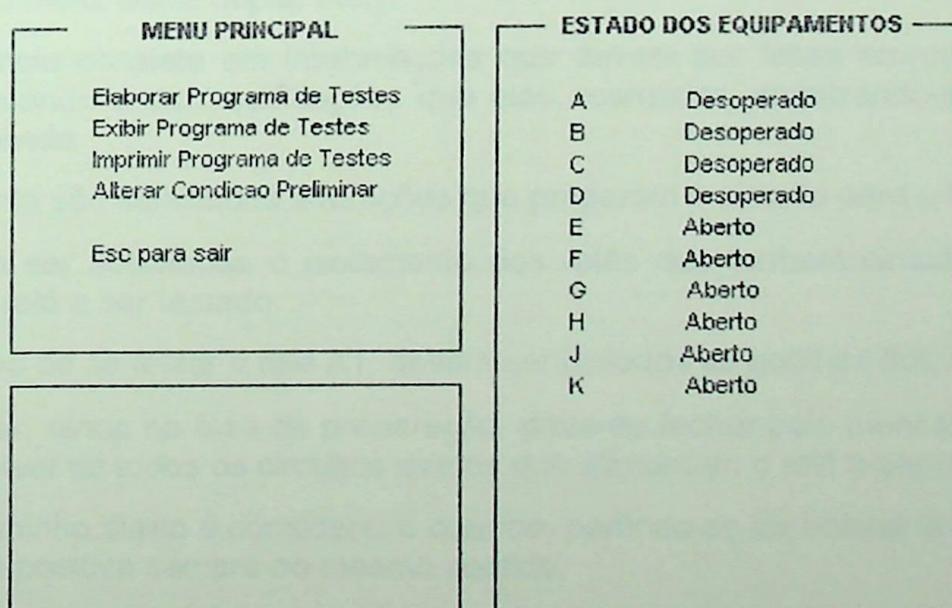


Figura 6-16 - Módulo de teste - Opção de Alteração de Condição Preliminar

B- Elaboração do Programa de Testes

Com base nas condições preliminares fornecidas e nos circuitos associados a cada relé definidos no módulo de entrada, o programa indica o estado dos equipamentos principais e determina a condição inicial dos relés do circuito sob teste.

No caso exemplo da figura 6.1, consideremos todos os equipamentos desoperados ou desenergizados. Neste caso, então, o programa indicará :

Condições Preliminares		
<u>Equipamento</u>		<u>Estado</u>
RELÉ	A	Desoperado
RELÉ	B	Desoperado
RELÉ	C	Desoperado
RELÉ	D	Desoperado
SECCIONADORA	E	Aberto
SECCIONADORA	F	Aberto
DISJUNTOR	G	Aberto
SECCIONADORA	H	Aberto
SECCIONADORA	J	Aberto
SECCIONADORA	K	Aberto
Estado Inicial do Relés		
Relé	X1	Desoperado
Relé	X2	Desoperado
Relé	X3	Desoperado

O teste é desenvolvido partindo-se do estado inicial dos equipamentos, seguindo uma seqüência determinada, independente do tipo do esquema e da lógica utilizada no sistema (ex.: disjuntor e meio, barra dupla, etc.).

Esta seqüência consiste em intervenções que devem ser feitas em componentes do circuito de comando e as modificações que eles acarretam, atualizando-se o estado de cada relé envolvido.

Primeiramente são solicitadas alterações que preparem o circuito para o início do teste:

- ◆ Devem ser solicitadas o isolamento dos relés que tenham circuitos em comum com o relé a ser testado.

No caso de se testar o relé X1, devem ser isolados as bobinas dos relés X2 e X3.

- ◆ A seguir, ainda na fase de preparação, deve-se fechar pelo menos um contato de cada nível de todos os circuitos diretos que alimentam o relé a ser testado.

Um caminho direto é considerado quando, partindo-se da bobina do relé, chega-se à barra positiva sempre no mesmo sentido.

São então recomendadas as seguintes ações, com o correspondente reflexo no estado do relé a ser testado:

Teste do Relé X1

Preparação para o teste

- Desconectar a bobina do relé X2
- Desconectar a bobina do relé X3
- Colocar jumper no contato C/1 - relé X1 operado
- Colocar jumper no contato B/1 - relé X1 operado
- Colocar jumper no contato G/3 - relé X1 operado

O circuito exemplo da Fig 6.1, fica então com a seguinte configuração:

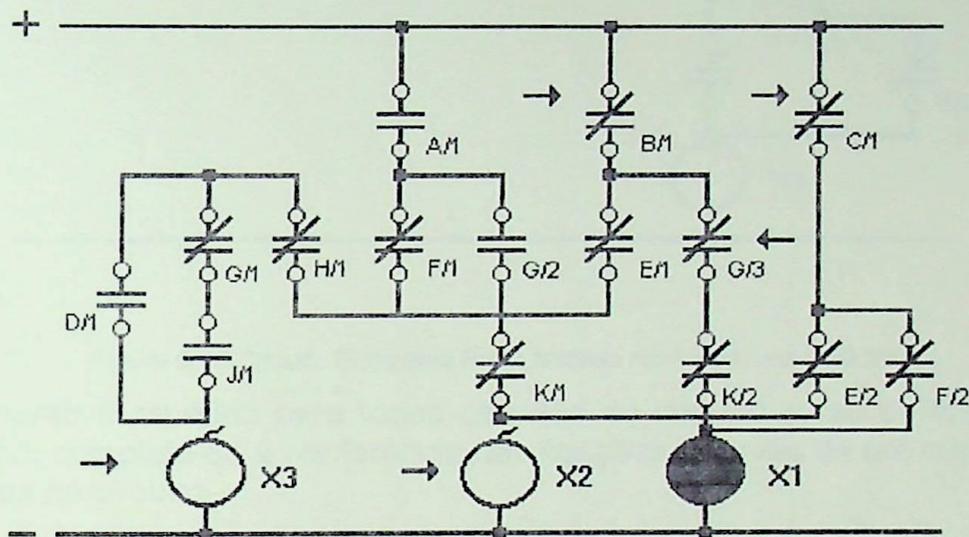


Figura 6-17 - Preparação do Circuito para o início dos Testes

Para se testar a atuação do relé X1, são recomendadas as seguintes intervenções:

Seqüência de Testes

Teste da influência dos contatos diretamente ligados ao relé X1:

Desconectar o contato F/2	- relé X1	operado
Desconectar o contato K/2	- relé X1	desoperado
Reconectar o contato F/2	- relé X1	operado
Desconectar o contato E/2	- relé X1	operado

Teste do caminho direto associado ao contato C/1:

Retirar jumper do contato C/1	- relé X1	desoperado
-------------------------------	-----------	------------

Teste do caminho direto associado ao contato B/1:

Reconectar o contato K/2	- relé X1	operado
Retirar jumper do contato G/3	- relé X1	desoperado
Colocar jumper no contato G/3	- relé X1	operado
Desconectar o contato E/1	- relé X1	operado
Retirar jumper do contato B/1	- relé X1	desoperado

Ao final destes testes, se o estado do relé X1 corresponder ao indicado para cada situação significa que a parte do circuito mostrada na figura 6.18 já estará testada quanto à fidelidade das ligações previstas pelo projeto.

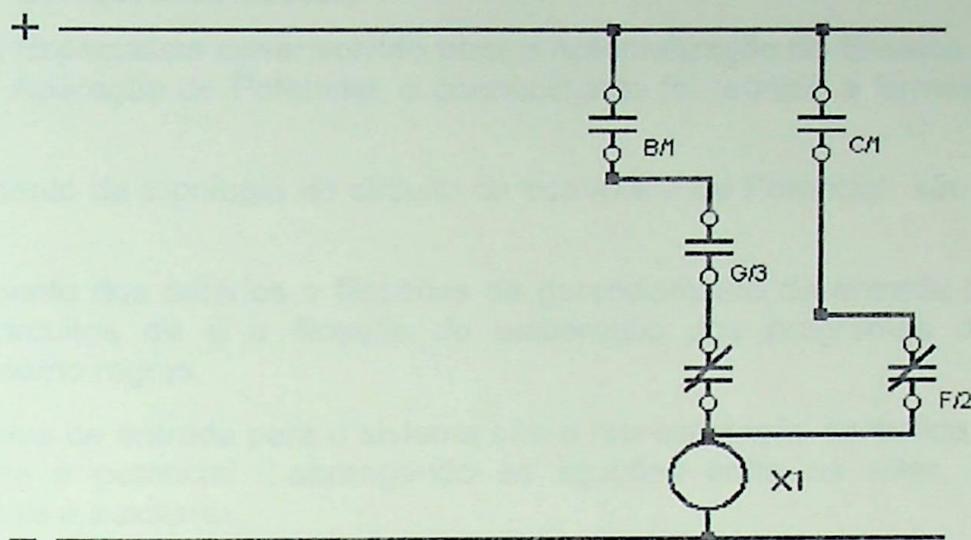


Figura 6-18 Circuito Funcional Parte testada em função do Relé X1

O procedimento é repetido para todos os relés do circuito e, ao se testar os demais relés do circuito, completa-se a conferência das ligações, através de um número otimizado de intervenções no circuito.

Ao final dos testes é solicitada a normalização de todas as alterações feitas para a execução dos testes que ainda permanecerem.

No nosso caso, foram solicitadas as seguintes normalizações:

Normalização do Circuito

Reconectar a bobina do relé X1

Reconectar a bobina do relé X2

Reconectar o contato F/2 - relé X3 desoperado

Retirar jumper do contato J/1 - relé X3 desoperado

Todas as demais alterações feitas durante o testes foram normalizadas nos passos seguintes.

O Programa de testes é, então, automaticamente gravado em um arquivo de mesmo nome do arquivo de dados, mas com extensão "TXT".

O programa de testes elaborado pelo Sistema Especialista pode ser recuperado de duas formas, ou seja, por sua **exibição na tela** ou através de sua **impressão**.

A opção **ESC Para sair** permite encerrar o programa.

6.2 Sistemas Especialista para Automatização de Ensaio de Injeção de Corrente e de Aplicação de Potencial

6.2.1 Base do Conhecimento

No Sistema Especialista desenvolvido para a Automatização de Ensaio de Injeção de Corrente e de Aplicação de Potencial, o conhecimento foi reunido e formalizado de duas formas:

O conhecimento da topologia do circuito de corrente e de Potencial são armazenados como fatos.

O conhecimento dos critérios e filosofias de gerenciamento da entrada dos dados, de análise dos circuitos de e a filosofia de elaboração dos programas de testes são armazenados como regras.

- ◆ Os dados de entrada para o sistema são a representação simbólica do circuito de corrente e potencial, abrangendo as ligações entre os relés, TC's e TP's, principais e auxiliares;

Esses dados são armazenadas como fatos dentro das seguintes estruturas:

db_lig(n,E1,E2)

lig:	Ligação
n:	Número de ordem da ligação
E1:	Primeiro elemento da ligação
E2:	Segundo elemento da ligação

Estes dados são armazenados em um arquivo de dados denominado com extensão ".INJ", para os circuitos de corrente e "APL" para os circuitos de potencial.

Por sua vez as regras que armazenam o conhecimento do especialista foram estruturados através de regras de produção formalizados utilizando-se da lógica dos predicados.

Esta regras apresentam, de forma simplificada, relações do tipo:

- ◆ Para o gerenciamento da entrada de dados:
 - Se a ligação já existe
Então a ligação não pode ser novamente implementada
 - Se uma ligação é retirada do circuito
Então todas as ligações que ficarem em aberto deverão ser retiradas
- ◆ Para análise do circuito de corrente
 - Se existe uma ligação à TERRA
 - Então Esta ligação deve ser temporariamente desfeita durante os ensaios

- **Se** as três fases de um mesmo elemento estão ligadas entre si
- **Então** é estabelecida uma conexão de NEUTRO.
- **Se** existe uma conexão de neutro que não seja a dos TC's principais
Então esta conexão é um ponto para a instalação da fonte de corrente.
- **Se** não houver uma conexão de neutro
- **Então** a fonte deve ser instalada preferencialmente na fase A.
- **Se** existe um ponto de conexão de circuito
- **Então** deve ser verificada a circulação de corrente durante a injeção de corrente bem como a correta ligação das polaridades.
- **Se** a corrente circula pelo enrolamento de um TC auxiliar
Então circulará no outro enrolamento do TC auxiliar.

♦ **Para a análise do Circuito de Potencial**

- **Se** for aplicada tensão no circuito secundário de um TP
Então deve ser desconectada a fiação de saída do secundário do TP
- **Se** aplica tensão em duas fases de um circuito de potencial
Então a deve-se medir tensão plena nessas fases e tensão reduzida na terceira fase.

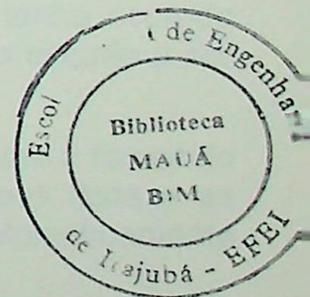
6.2.2 Descrição do Programa

O Menu principal apresenta as seguintes opções:

- ♦ Carregar arquivo
- ♦ Incluir ligação
- ♦ Excluir ligação
- ♦ Gerar Programa de Ensaio
- ♦ Alterar tipos de contatos
- ♦ Salvar arquivo
- ♦ Cancelar modificações
- ♦ ESC para sair do programa

A opção **Incluir ligação** permite incluir ligações em um novo arquivo de dados, cujo nome será fornecido pelo usuário ao final da inclusão dos dados do circuito a ser testado ou incluir ligações em um arquivo de dados carregado previamente pela opção "Carregar arquivo".

A extensão do arquivo de dados é assumida pelo programa como ".INJ" ou "APL", e se já existir um arquivo de dados com o mesmo nome, o programa solicitará a confirmação de sua atualização.



A entrada dos dados consiste na transcrição do diagrama trifilar para um arquivo no qual serão gravadas todas as informações necessárias ao processamento.

Estas informações são, em síntese, as ligações entre os relés do circuito, as ligações relés e TC's ou TP', ou chaves de testes.

As ligações são introduzidas informando-se, seqüencialmente:

- O tipo do elemento do circuito - Relé, TC ou TP, Régua, Dispositivo de Teste, Terra ou simplesmente um ponto da régua do painel.
- A Fase: A, B, C ou Neutro.
- Os bornes dos Relés, Dispositivos de Terra ou pontos da Régua
- A identificação dos TP's ou TC's: Se do lado de Alta Tensão ou de Baixa Tensão ou se auxiliar
- As polaridades dos TP's e TC's, principais ou auxiliares.

<p>Menu de escolha</p> <ul style="list-style-type: none"> Carregar arquivo Incluir ligação Excluir ligação Alterar ligação Gerar planilha Salvar arquivo Cancelar modificações Esc para sair do programa 	<p>LIGAÇÕES DO CIRCUITO</p> <p>TCAT-A-S1 * TCAT-B-S1</p>
<p>INCLUSÃO DE LIGAÇÕES</p> <p>1o. elemento: TCAT-B-S1 2o. elemento: (s/n)</p>	<p>EQUIPAMENTO</p> <p>TC RELE REGUA DISP/TESTE TERRA</p>

Figura 6-19 - Injeção de Corrente
Inclusão de Ligações

<p>Menu de escolha</p> <ul style="list-style-type: none"> Carregar arquivo Incluir ligação Excluir ligação Alterar ligação Gerar planilha Salvar arquivo Cancelar modificações Esc para sair do programa 	<p>LIGAÇÕES DO CIRCUITO</p> <p>TPAT-A-S1 * TPAT-B-S1</p>
<p>INCLUSÃO DE LIGAÇÕES</p> <p>1o. elemento: TPAT-B-S1 2o. elemento: (s/n)</p>	<p>EQUIPAMENTO</p> <p>TP RELE REGUA DISP/TESTE TERRA</p>

Figura 6-20 - Aplicação de Potencial
Inclusão de Ligações

Este processo repete-se sucessivamente até que a ligação de todos os elementos seja informada.

Este módulo permite ainda que se façam as devidas correções caso tenha ocorrido algum erro de digitação ou de esquecimento, ou alteração na topologia do circuito a ser testado, através das opções **Incluir**, **Excluir** ou **Alterar ligação**.

Concluída esta fase as informações são gravadas em um arquivo cujo nome é fornecido pelo usuário no qual estão todas as ligações digitadas, os contatos e seus tipos e as condições preliminares para o ensaio. A extensão do arquivo é assumida automaticamente como "INJ" ou "APL".

A rotina de Gravação de arquivo de dados verifica a existência de arquivos de dados com o mesmo nome definido pelo usuário e solicita confirmação para sua atualização.

Existe também a opção de cancelamento das modificações efetuadas na base de conhecimento.

6.2.2.1 Análise do Circuito

Após concluída a entrada de dados, o usuário inicia o processamento para a geração dos circuitos associados a cada relé através da opção "**Gerar Programa de Testes**" do menu principal.

Os circuitos determinados são gravados automaticamente num arquivo de mesmo nome do arquivo de dados, mas com a extensão "RES".

A determinação de todos os circuitos do diagrama a ser testado é feita a partir das ligações existentes no arquivo de dados.

A descoberta dos circuitos é feita através de uma técnica de busca em profundidade na qual, a partir de cada relé vai-se encontrando e anexando ao circuito cada elemento que faça parte do caminho até encontrar a Fonte de Corrente ou de Potencial..

O programa de testes elaborado pelo Sistema Especialista pode ser recuperado de duas formas, ou seja, por sua **exibição na tela** ou através de sua **impressão**.

Ao ser selecionada uma destas opções, é apresentado em outra janela a relação dos arquivos de Programa de testes disponíveis para impressão para que se possa selecionar o arquivo desejado.

<p>MENU DE ESCOLHA</p> <ul style="list-style-type: none"> Carregar arquivo Incluir ligação Excluir ligação Alicar ligação <u>Gerar planilha</u> Salvar arquivo Cancelar modificações Esc para sair do programa 	<p>TESTE DE APLICACAO DE POTENCIAL</p> <p style="text-align: center;">TESTE</p> <p style="text-align: center;">CONCLUIDO</p>
<p>Arquivo de dados:</p> <p>C:\PROLOG\#TESTE3\A1.APL</p>	<p>ARQUIVOS DE SAIDA</p> <ul style="list-style-type: none"> A1.RES TESTE.RES TEMP.RES

Figura 6-21 -
Aplicação de Potencial
Menu principal

```

----- ENSAIOS FUNCIONAIS AUTOMATIZADOS -----
C:\PROLOG\#TESTE3\A1.RES Line 2 Col 1 ESC PARA SAIR Indent Insert
INIIO$

-----
*
*   Central Elétrica do Norte do Brasil S.A. - ELETRONORTE
*   Divisão de Sistemas de Protecção e Medição - OSEP
*   Programa Automatizado de Ensaios Funcionais - PAEF
*   Aplicação de Potencial
*
-----

- PREPARACAO DO CIRCUITO :
- Desconectar a ligação: TPAT-C-S2 - TERRA
- Desconectar a ligação: TPAT-A-S1 - RELE 53-A-1
  
```

Figura 6-22 - Aplicação de Potencial
Exibição do Resultado do Programa

Finalmente, a opção **ESC Para sair** permite encerrar o programa.

Deve-se ressaltar que o teste proposto pelo Sistema Especialista substitui os testes de conferência ponto a ponto e o teste de funcionalidade executados pelas equipes de manutenção, representando, portanto, larga economia de tempo, não só na preparação, como também na execução dos testes.

Os anexos 2, 3 e 4 apresentam exemplos reais de aplicação destes Sistema Especialistas.

CAPÍTULO VII CONCLUSÃO

Existem várias aplicações de Sistemas Especialistas desenvolvidos nas diversas áreas de operação de Sistemas Elétricos de Potência, como [4]:

- ♦ controle e despacho de carga e geração;
- ♦ controle de tensão;
- ♦ controle e prevenção de estabilidade;
- ♦ esquemas de alívio de carga e de geração;
- ♦ diagnóstico de falhas e defeitos;
- ♦ restabelecimentos de sistemas;
- ♦ determinação de estratégias corretivas para estados de emergência operativa em Centros de Operação;
- ♦ treinamento de operadores e despachantes.

Entretanto, tem-se observado poucas aplicações voltadas para a execução de manutenção.

Este trabalho representa um primeiro passo no desenvolvimento de programas de apoio ao desenvolvimento de atividades de manutenção nas empresas do Sistema Elétrico brasileiro utilizando técnicas de Inteligência Artificial (Sistemas Especialistas).

O sistema é destinado a uma verificação dos diagramas funcionais de circuitos de Proteção, Comando e Controle, isto é, são examinadas as ligações existentes, os tipos de contatos relés auxiliares de intertravamento e as polaridades dos circuitos de corrente e potencial.

Com isso, além de ensaios operacionais em sistemas já em operação, o sistema pode ser utilizado na detecção simulação de e erros de projetos.

Sua utilização em casos reais já permitiu a detecção de erros de projetos que haviam passado despercebidos por especialistas durante as etapas de projeto, comissionamento e colocação em operação.

A economia de tempo é outro ponto que deve ser ressaltado, pois como comentado no exemplo citado no *anexo 02*, um mesmo trabalho realizado por 02 especialistas com larga experiência em testes de comissionamento de sistemas de comando e controle foi executado pelo Sistema especialista de Automatização de Ensaio Funcionais em um tempo 25 vezes menor.

Este programa poderá ser aperfeiçoado para incorporar uma interface gráfica para o usuário, de modo que os dados dos circuitos possam ser implantados a partir de elementos gráficos utilizados nos diagramas funcionais de proteção, comando e controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - Rich, Elaine. Inteligência Artificial, São Paulo, McGraw-Hill, 1988.
- [2] - Keller, Robert. Tecnologia de sistemas Especialistas, São Paulo, Makron, Mcgraw-hill, 1991.
- [3] - Jardini, José A. Sistema Digitais para Automação de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, São Paulo, EPUSP/PEA.
- [4] - Ribeiro, Guilherme M., Torres, Germano L. Sistema Especialista para o restabelecimento automático de subestações; Tese de Mestrado em Engenharia pela Escola federal de Engenharia de Itajubá
- [5] - Turbo Prolog, User's guide, Borland International, Scotts Valley, 1988.
- [5] - Turbo Prolog, Reference guide, Borland International, Scotts Valley, 1988.
- [6] - ELETRONORTE, Instrução Técnica de Manutenção para Execução de Ensaios de Injeção de Corrente e Aplicação de Potencial, Brasília.
- [7] - Cunha, Agnelo R S., SAMPAIO, Willams V, Sistema Especialista para automatização de Ensaios Funcionais, Seminário de Digitalização de Proteção, Copel, 1993.
- [8] - Cunha, Agnelo R S., SAMPAIO, Willams V, Sistema Especialista para automatização de Ensaios Funcionais, Encontro de Manutenção de Proteção GTMI/GCOI.
- [9] - Cunha, Agnelo R S., SAMPAIO, Willams V, Sistema Especialista para automatização de Ensaios Operacionais, SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SNPTEE, Camboriu, 1995.

A LINGUAGEM PROLOG

1.1 Introdução

O PROLOG é uma linguagem declarativa, ou seja, dados os fatos e as regras necessárias, o PROLOG usará o raciocínio dedutivo para resolver o problema apresentado.

Um programa PROLOG fornece ao computador a descrição do problema usando fatos e regras e então, determina-se ao computador para procurar todas as possíveis soluções para o problema.

Numa linguagem procedural, o programador deve dizer ao computador exatamente como desenvolver suas tarefas,

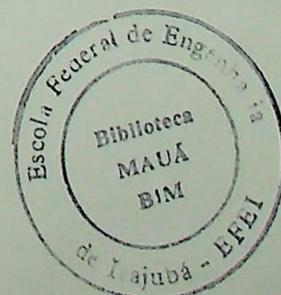
Entretanto, numa linguagem declarativa, o programador deve apenas descrever o *QUE* deve ser processado, enquanto que a própria linguagem se encarrega de estabelecer *COMO* o processamento deve ser realizado.

1.2 Fundamentos do PROLOG

- ◆ Um programa PROLOG é constituído de dois tipos de frases, também conhecidas como cláusulas: *fatos* e *regras*
 - *FATOS* são relações ou propriedades que o programador conhece ou assume como verdadeiras.
 - *REGRAS* são relações dependentes e que permitem ao PROLOG inferir uma parte da informação de outra. Uma regra torna-se verdadeira se um dado conjunto de condições é provado como verdadeiro. Cada regra depende de que suas condições seja provadas como verdadeiras.
- ◆ Em PROLOG, todas as regras têm três partes: um *Radical*, um símbolo *se* e um *Complemento*.
 - O *Radical* é o fato que deveria ser verdadeiro se um conjunto de condições for verdadeiro. Isto também é conhecido como a conclusão ou a relação dependente.
 - O símbolo *se* separa o Radical da regra do Complemento, podendo ser os caracteres *:-* ou a palavra *if*.
 - O *Complemento* é um conjunto de condições, ou uma lista de fatos, que devem ser verdadeiros para que o PROLOG possa provar que o Radical da regra é verdadeira.
- ◆ Uma vez fornecido ao PROLOG um conjunto de fatos, pode-se efetuar os questionamentos a respeito desses fatos. O PROLOG sempre procura a solução partindo do primeiro fato. Ele verifica cada fato até chegar ao fim, ou seja, até não haver mais nem um fato a ser verificado.

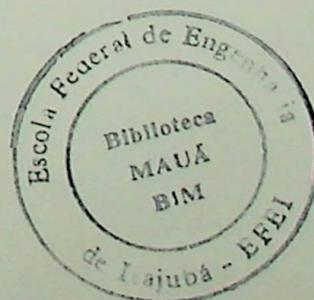
- ◆ A máquina de inferência do PROLOG coleta as condições da regra, constituída pelo Complemento da regra, e verifica pelas listas de fatos e regras conhecidos, tentando satisfazer as condições. Uma vez que todas as condições tenham sido atendidas, a relação dependente, o Radical da regra, é encontrada como verdadeira. Se todas as condições não podem ser associadas com fatos conhecidos, a regra nada conclui.
- ◆ Cada fato dado em um programa consiste de ou uma relação que afeta um ou mais objetos ou uma propriedade de um ou mais objetos, como por exemplo:
 - atua(relé, disjuntor)
 - a relação é atua e os objetos são relé e disjuntor, isto é, o relé atua em disjuntor
 - aberto (disjuntor)

A propriedade é aberto e o objeto é disjuntor, isto é, o disjuntor está aberto.
- ◆ Pode-se escolher livremente os nomes para as relações e os objetos nos programas, desde que se obedeça às seguintes restrições:
- ◆ Os nomes dos objetos devem começar com letras minúsculas, seguido de qualquer número de caracteres, caracteres em letras maiúsculas ou minúsculas, dígitos ou caracter sub_traço.
- ◆ Os nomes de propriedades e relações devem iniciar com uma letra, seguido por qualquer combinação de letras, dígitos ou caracter sub_traço .
- ◆ Um *predicado* é um nome simbólico (identificador) para a relação e a seqüência de argumentos. Um programa PROLOG é a seqüência de cláusulas e diretivas, e um procedimento é uma seqüência de cláusulas definindo um predicado. Cláusulas que se referem a um mesmo predicado devem estar juntas.
- ◆ *Variáveis* possibilitam descrever fatos genéricos e regras e questionamentos genérico.
 - Os nomes de variáveis no PROLOG deve iniciar com uma letra maiúscula ou um caracter sub_traço (_), após o qual pode se usar qualquer quantidade e tipo de caracteres
 - Variáveis em PROLOG assume seus valores por associação às constantes existentes nos fatos e nas regras. Enquanto uma variável não assume qualquer valor é dita que a mesma está *livre*. Quando a variável assume seu valor, ela se torna instanciada.
 - Pode-se armazenar informações globalmente pela associação de um valor a uma variável, porque a variável somente permanece instanciada dentro da cláusula.



- ◆ A máquina de inferência do PROLOG coleta as condições da regra, constituída pelo Complemento da regra, e verifica pelas listas de fatos e regras conhecidos, tentando satisfazer as condições. Uma vez que todas as condições tenham sido atendidas, a relação dependente, o Radical da regra, é encontrada como verdadeira. Se todas as condições não podem ser associadas com fatos conhecidos, a regra nada conclui.
- ◆ Cada fato dado em um programa consiste de ou uma relação que afeta um ou mais objetos ou uma propriedade de um ou mais objetos, como por exemplo:
 - atua(relé, disjuntor)
 - a relação é atua e os objetos são relé e disjuntor, isto é, o relé atua em disjuntor
 - aberto (disjuntor)

A propriedade é aberto e o objeto é disjuntor, isto é, o disjuntor está aberto.
- ◆ Pode-se escolher livremente os nomes para as relações e os objetos nos programas, desde que se obedeça às seguintes restrições:
- ◆ Os nomes dos objetos devem começar com letras minúsculas, seguido de qualquer número de caracteres, caracteres em letras maiúsculas ou minúsculas, dígitos ou caracter sub_traço.
- ◆ Os nomes de propriedades e relações devem iniciar com uma letra, seguido por qualquer combinação de letras, dígitos ou caracter sub_traço .
- ◆ Um *predicado* é um nome simbólico (identificador) para a relação e a seqüência de argumentos. Um programa PROLOG é a seqüência de cláusulas e diretivas, e um procedimento é uma seqüência de cláusulas definindo um predicado. Cláusulas que se referem a um mesmo predicado devem estar juntas.
- ◆ *Variáveis* possibilitam descrever fatos genéricos e regras e questionamentos genérico.
 - Os nomes de variáveis no PROLOG deve iniciar com uma letra maiúscula ou um caracter sub_traço (_), após o qual pode se usar qualquer quantidade e tipo de caracteres
 - Variáveis em PROLOG assume seus valores por associação às constantes existentes nos fatos e nas regras. Enquanto uma variável não assume qualquer valor é dita que a mesma está *livre*. Quando a variável assume seu valor, ela se torna instanciada.
 - Pode-se armazenar informações globalmente pela associação de um valor a uma variável, porque a variável somente permanece instanciada dentro da cláusula.



- ◆ Se for necessário obter apenas uma certa informação de um questionamento, pode-se usar *variáveis anônimas*. Para ignorar os valores desnecessários. Em PROLOG a variável anônima é representada por um único carácter de sub_traço (_).

A variável anônima pode ser usada em lugar de qualquer outra variável; ela não associa nada. A variável anônima nunca assume um valor.

- ◆ Submeter perguntas ao PROLOG sobre fatos em um programa é conhecido como *sistema de questionamento PROLOG*; o questionamento é comumente conhecido como *meta*. PROLOG tenta satisfazer uma meta (resposta ao questionamento) partindo do início dos fatos, verificando cada fato, até chegar ao final.
- ◆ Uma meta composta é uma meta formada de duas ou mais partes; cada parte de uma meta composta é chamada de *submeta*.
- ◆ Há várias maneiras do PROLOG associar uma coisa a outra:
 - Associação de estruturas idênticas entre si
 - Associação de uma variável livre a uma constante ou a uma variável previamente instanciada (ficando então instanciada com seu valor)
 - Associação de duas variáveis entre si (instanciando-se mutuamente).
 - Enquanto durar a união, as duas variáveis são tratadas como uma única variável: Se uma assume um valor, a outra imediatamente assume o mesmo valor.

1.3 Estrutura de um programa PROLOG

- ◆ Um programa PROLOG tem a seguinte estrutura básica:
 - domain
/* ...
declarações de domínio
... *^
 - predicates
/* ...
Declaração de predicados
... */
 - goal
/* ...

declaração de metas:

subgoal_1

subgoal_2

etc...*/

- **clauses**

/* ...

cláusulas:

regras e fatos

... */

- ◆ A seção de cláusulas (*clauses*) é onde são declarados os fatos e as regras que o PROLOG irá operar quando tentar satisfazer a meta do programa.
- ◆ A seção de predicados (*predicates*) é onde se declara os predicados, com seu domínio (tipo) e seus argumentos. Os nomes dos predicados podem começar com qualquer letra, preferencialmente minúscula, seguida por um seqüência de letras, dígitos e sub-traços, até 250 caracteres longos. Não se pode usar espaços, sinal de (-) ou asteriscos em nomes de predicados.
 - As declarações de predicados são da seguinte forma:
 - Nome do predicado (argumento_Tipo1, argumento_tipo2 ... argumento_tipoN)
 - Os argumentos são ou do tipo padronizado ou do tipo declarado na seção de **domínio**.
 - **Declarar o domínio de um argumento e definir o tipo do argumento é a mesma coisa.**
- ◆ A seção **domínio** é onde se declara qualquer domínio não padronizado utilizado pelos argumentos dos predicados. Domínios em PROLOG são como tipos em outras linguagens.
- ◆ A seção *meta* é onde se coloca a meta interna do programa; Isto permite que o programa seja executado independentemente do ambiente de desenvolvimento. Com uma meta interna, o PROLOG somente procura pela primeira solução e os valores com que as variáveis são instanciadas não são mostrados.
- ◆ Se não se usa uma meta interna, pode-se entrar com uma meta externa na *janela de diálogo* durante a execução do programa. Com uma meta externa, o PROLOG procura por todas as soluções e mostra os valores com que as variáveis são instanciadas.
- ◆ As regras são da forma:
Radical :- <submeta_1>,

submeta_2,

...,

submeta_N.

Para uma regra ter sucesso, o PROLOG satisfaz todas as suas submetas, criando um conjunto consistente de variáveis unidas. Se uma submeta falha, o PROLOG retorna e procura por alternativas para as próximas submetas e então prossegue à frente com diferentes valores das variáveis. Isto é chamado de *retrocesso*.

O símbolo *if* do PROLOG difere do *IF* usado em outras linguagens; uma regra PROLOG está na forma *ENTÃO / SE*, enquanto que o *IF* declarado em outras linguagens está na forma *SE / ENTÃO*.

- ◆ Em PROLOG menos freqüentemente utiliza-se outras seções de programa como:
 - database
 - constants
 - global

1.4 Unificação e retrocesso

- ◆ Os fatos e as regras do PROLOG recebem informações pela chamada com argumentos que são constantes ou variáveis instanciadas; eles retornam a informação para o procedimento que o chamou associada aos argumentos das variáveis que não estavam instanciadas.
- ◆ *Unificação* é o processo de combinação de dois predicados e atribuição de variáveis livres para tornar os predicados idênticos. Este mecanismo é necessário para que o PROLOG possa identificar que cláusulas chamar e associar valores às variáveis.

Os principais pontos relativos à combinação e unificação são:

- Quando o PROLOG inicia uma tentativa para satisfazer uma meta, ele inicia pelo início do programa na busca da unificação.
- Quando uma nova chamada é feita, a busca para a combinação, esta chamada também inicia-se no início do programa.
- Quando um chamada encontra uma combinação bem sucedida, a chamada é determinada a *retornar*, e a nova submeta em seqüência pode ser tentada.
- ◆ *Retrocesso* é o mecanismo que instrui o PROLOG onde ir procurar soluções para o programa. Este processo permite que o PROLOG tenha a capacidade de procurar por todos os fatos e regras conhecidos para obter a solução procurada.

Os princípios básicos do retrocesso são:

- Submetas devem ser satisfeitas em ordem, de cima para baixo.
- Cláusulas de predicados são testadas na ordem de aparecimento no programa, de cima para baixo.

- Quando uma submeta combina o radical de uma regra, o complemento desta regra deve ser satisfeito em seguida. O complemento da regra então se constitui em um novo conjunto de submetas a serem satisfeitas.
- Uma meta está satisfeita quando o fato a ser combinado é encontrado para cada uma das extremidades da árvore-meta
- ◆ Uma chamada que pode produzir múltiplas soluções é *não-determinística*, enquanto que a chamada que produz um e somente uma solução é chamada de *determinística*.
- ◆ O PROLOG possui três tipos de ferramentas para controlar o curso da lógica do programa de procura pelas soluções:
 - **fail**: O predicado fail sempre falha; isto força o retrocesso ordenado para a busca de soluções alternativas.
 - **not**: O predicado not é bem sucedido quando sua meta associada não pode ser provada como verdadeira.
 - **cut**: O predicado cut impede o retrocesso.

1.5 Repetição e recursividade

- ◆ Diferentemente do BASIC, C ou PASCAL, o PROLOG não têm as declarações *FOR*, *WHILE* e *REPEAT*. Em vez disso, o PROLOG possui dois caminhos para repetir a mesma cláusula: o retrocesso e a recursividade.
- ◆ Ao falhar, o PROLOG irá retroceder para encontrar uma nova combinação e repetirá a procura pela solução até não haver mais opções. O retrocesso tem uma memória muito eficiente poderosa, mas como as variáveis são liberadas antes de cada iteração e, portanto, seus valores são perdidos.
- ◆ *Recursividade* é o processo pelo qual uma cláusula chama a si própria uma ou mais vezes enquanto tenta resolver um problema. Na recursividade, o programa armazena o caminho e os valores das variáveis envolvidas até que a solução seja encontrada.

A recursividade entretanto permite que as variáveis sejam incrementadas; contadores, totais e resultados intermediários podem ser passado de cada iteração para a próxima como argumentos.

A recursividade apresenta três vantagens principais:

- permitem expressar algoritmos que não podem ser expressos convenientemente de outra maneira.
- É logicamente mais simples que a iteração.
- É usado extensivamente no processamento de listas.

- ◆ Para reduzir a quantidade de memória requerida pela recursividade, o PROLOG possui um processo chamado *recursividade pela cauda*. Para o PROLOG completar uma recursividade pela cauda, a chamada recursiva deve ser a última submeta em uma cláusula complemento, e é necessário que não haja retrocesso anterior na cláusula.
- ◆ Estruturas de dados, como árvores, podem também ser recursivas. Árvores, especialmente as árvores binárias apresentam um rápido e eficiente caminho para classificar, armazenar e recuperar dados. O PROLOG oferece um excelente ambiente para a utilização de árvores.

1.6 Listas e recursividade

- ◆ *Listas* são objetos que podem conter uma quantidade arbitrária de elementos; Pode-se declará-las adicionando-se um asterisco (*) ao final de um domínio previamente definido.
- ◆ Uma lista é um objeto composto recursivo que consiste de uma cabeça e de uma cauda. A cabeça é o primeiro elemento e a cauda é o restante da lista (sem o primeiro elemento). A cauda de uma lista é sempre uma lista; a cabeça de uma lista é um elemento. Uma lista pode conter nenhum ou mais elementos; a lista vazia é representada por [].
- ◆ Os elementos de uma lista podem ser quaisquer, incluindo outras listas; todos os elementos de uma lista devem pertencer a um mesmo domínio.

A declaração do *domínio* para os elementos de uma lista deve ser feita da seguinte forma:

elemento_lista = elementos*

elementos = ...

- ◆ O processamento de listas consiste em remover recursivamente a cabeça da lista (e geralmente fazendo alguma coisa com ela) até que a lista se torne uma lista vazia.
- ◆ Os clássicos predicados de manuseio de listas como *member* e *append* possibilita verificar se um elemento está contido em uma lista e verificar se uma lista está contida em outra ou adicionar um elemento a uma lista e adicionar uma lista à outra.
- ◆ O PROLOG possui um predicado interno *findall* que assume a meta como um de seus argumentos e armazena todas as soluções para a referida meta em uma lista simples.
- ◆ *Listas compostas* são listas contendo mais que um tipo de elemento. Pelo fato do PROLOG requerer que todos os elementos de uma lista pertençam a um mesmo domínio, pode se usar elementos lógicos para criar uma lista que armazena diferentes tipos de elementos; um domínio pode conter mais que um tipo de dado como argumentos para o elemento lógico.



ANEXO 02

SISTEMA ESPECIALISTA

PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS FUNCIONAIS

EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Apresentamos a seguir um exemplo de aplicação do Sistema Especialista desenvolvido para a preparação de programas de ensaios de funcionalidade de um circuito de comando e controle para a configuração barra dupla - 5 chaves de uma subestação da Eletronorte.

O exemplo, portanto, representa um caso real e o circuito corresponde a uma parte do esquema de intertravamento existente na referida subestação.

Neste circuito estão representados:

- 201 ligações entre contatos ou entre contatos e relés;
- 36 relés;
- 96 contatos de relés ou de equipamentos principais;
- 38 equipamentos principais

Este circuito foi escolhido para que se pudesse avaliar o desempenho do Sistema Especialista, tendo em vista seu razoável grau de complexidade e o fato de já ter sido elaborado, por um especialista, um programa de testes de sua funcionalidade.

O tempo gasto pelo especialista para a preparação do programa de testes foi de cerca de 10 dias.

A utilização do Sistema Especialista reduziu o tempo de preparação para cerca de 3 horas de trabalho.

Isto tornou-se possível porque, como vimos ao longo da descrição do Sistema Especialista desenvolvido, basta inserir os dados das ligações do circuito de comando e as condições preliminares dos equipamentos, de forma orientada pelo próprio programa, evitando-se o fornecimento de informações redundantes.

Após a entrada e conferência dos dados do circuito de comando e controle, o Sistema Especialista analisa o circuito, determina os ramos que efetivamente podem provocar a atuação de cada relé e elabora o programa de testes de funcionalidade para todo o circuito.

Os dados do circuito são armazenados automaticamente em diversos databases, como:

- lig: Dados das ligações existentes no circuito
- db_aberto: Equipamentos principais que estão abertos ou desoperados
- db_fechado: Equipamentos principais que estão fechados ou operados
- db_rele: Identificação dos relés existentes no circuito
- contato: Identificação dos contatos e de seus tipos
- db_eq: Dados dos equipamentos principais

Neste exemplo são mostrados:

- os esquemas funcionais de comando e controle para a parte do circuito considerada;
- os databases que armazenam os dados do circuito;
- as condições preliminares equipamentos envolvidos;
- a seqüência de testes elaborada pelo programa.

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Apresentamos a seguir um exemplo de aplicação do Sistema Especialista desenvolvido para a preparação de programas de ensaios de funcionalidade de um circuito de comando e controle para a configuração barra dupla - 5 chaves de uma subestação da Eletronorte.

O exemplo, portanto, representa um caso real e o circuito corresponde a uma parte do esquema de intertravamento existente na referida subestação.

Neste circuito estão representados:

- 201 ligações entre contatos ou entre contatos e relés;
- 36 relés;
- 96 contatos de relés ou de equipamentos principais;
- 38 equipamentos principais

Este circuito foi escolhido para que se pudesse avaliar o desempenho do Sistema Especialista, tendo em vista seu razoável grau de complexidade e o fato de já ter sido elaborado, por um especialista, um programa de testes de sua funcionalidade.

O tempo gasto pelo especialista para a preparação do programa de testes foi de cerca de 10 dias.

A utilização do Sistema Especialista reduziu o tempo de preparação para cerca de 3 horas de trabalho.

Isto tornou-se possível porque, como vimos ao longo da descrição do Sistema Especialista desenvolvido, basta inserir os dados das ligações do circuito de comando e as condições preliminares dos equipamentos, de forma orientada pelo próprio programa, evitando-se o fornecimento de informações redundantes.

Após a entrada e conferência dos dados do circuito de comando e controle, o Sistema Especialista analisa o circuito, determina os ramos que efetivamente podem provocar a atuação de cada relé e elabora o programa de testes de funcionalidade para todo o circuito.

Os dados do circuito são armazenados automaticamente em diversas databases, como:

- lig: Dados das ligações existentes no circuito
- db_aberto: Equipamentos principais que estão abertos ou desoperados
- db_fechado: Equipamentos principais que estão fechados ou operados
- db_rele: Identificação dos relés existentes no circuito
- contato: Identificação dos contatos e de seus tipos
- db_eq: Dados dos equipamentos principais

Neste exemplo são mostrados:

- os esquemas funcionais de comando e controle para a parte do circuito considerada;
- os databases que armazenam os dados do circuito;
- as condições preliminares equipamentos envolvidos;
- a seqüência de testes elaborada pelo programa.

SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO

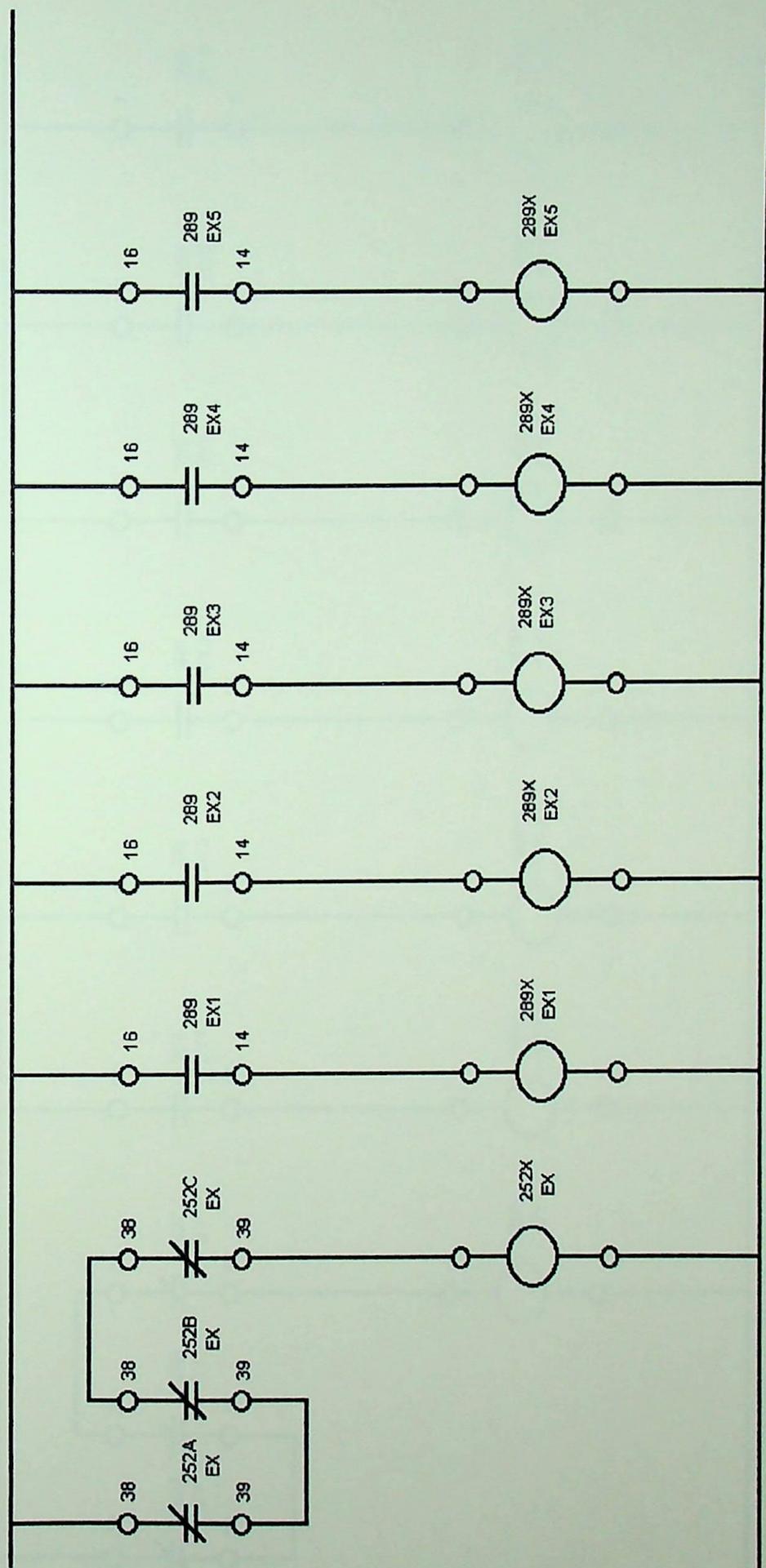


Figura 1 - Relés de Posição das Seccionadoras do Bay EX

SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
 FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

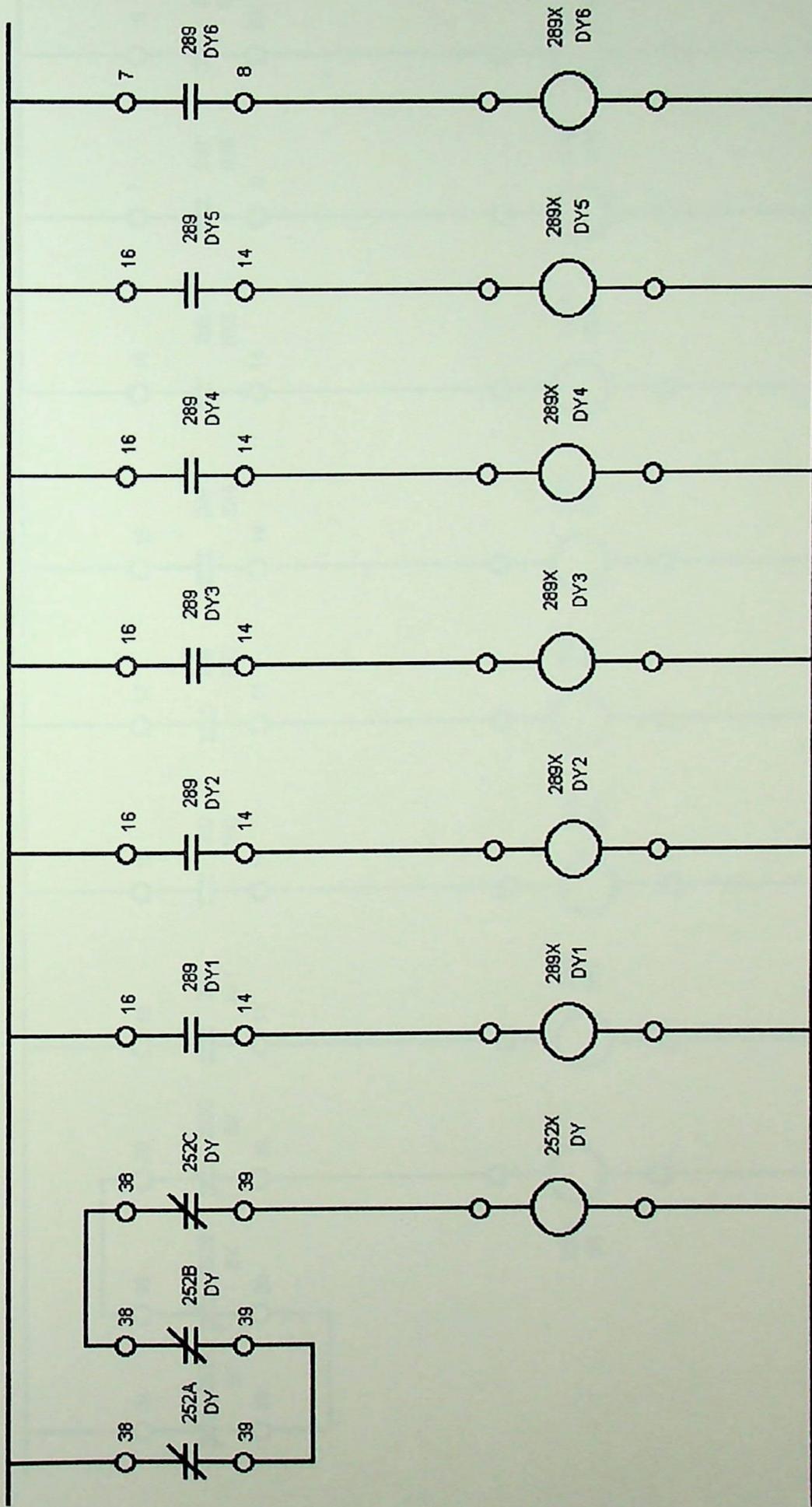


Figura 2 - Relés de Posição das Seccionadoras do Bay DY

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

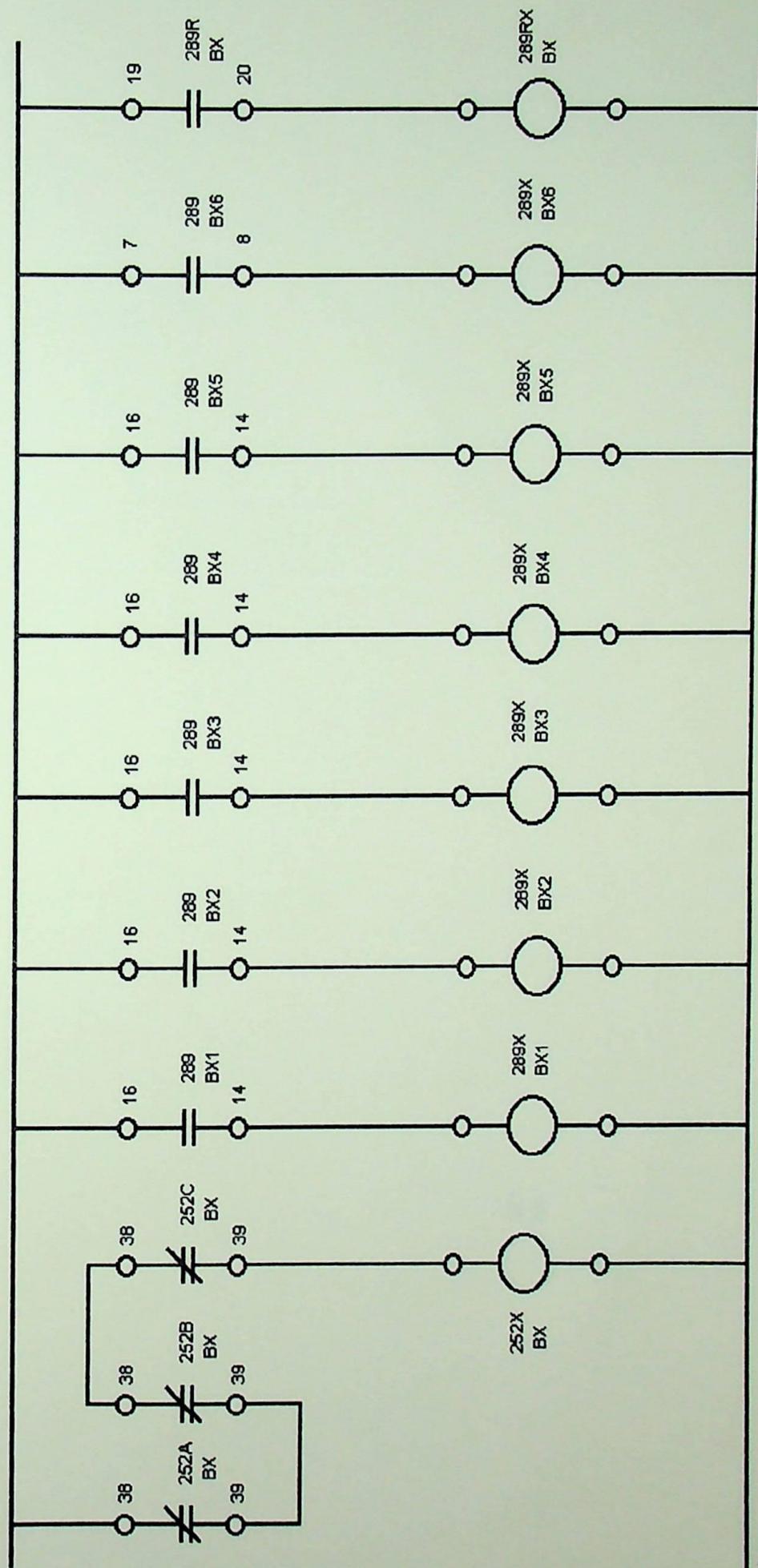


Figura 3 - Relés de Posição das Seccionadoras do Bay BX



SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO

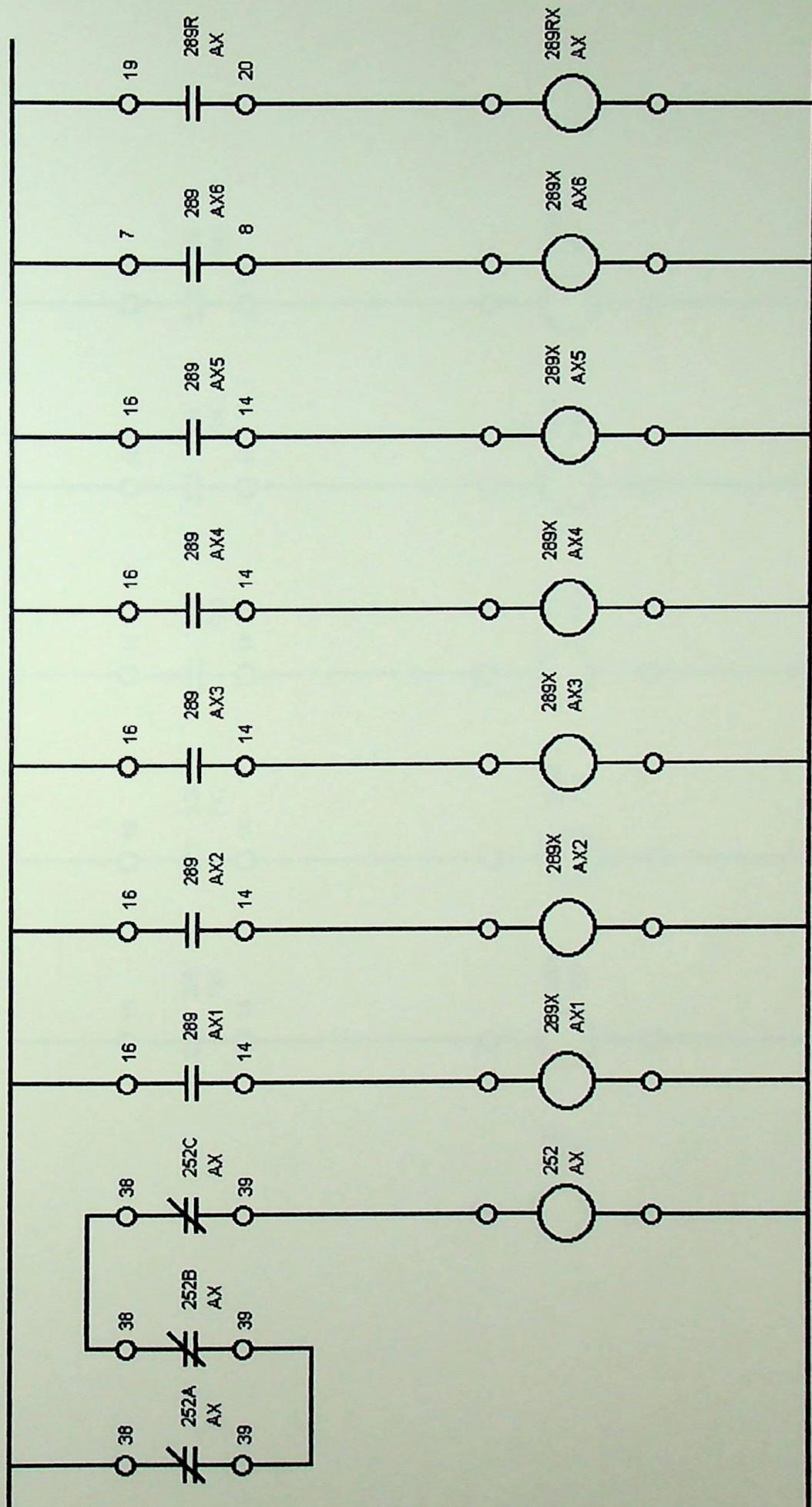


Figura 4 - Relés de Posição das Seccionadoras do Bay AX

SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO

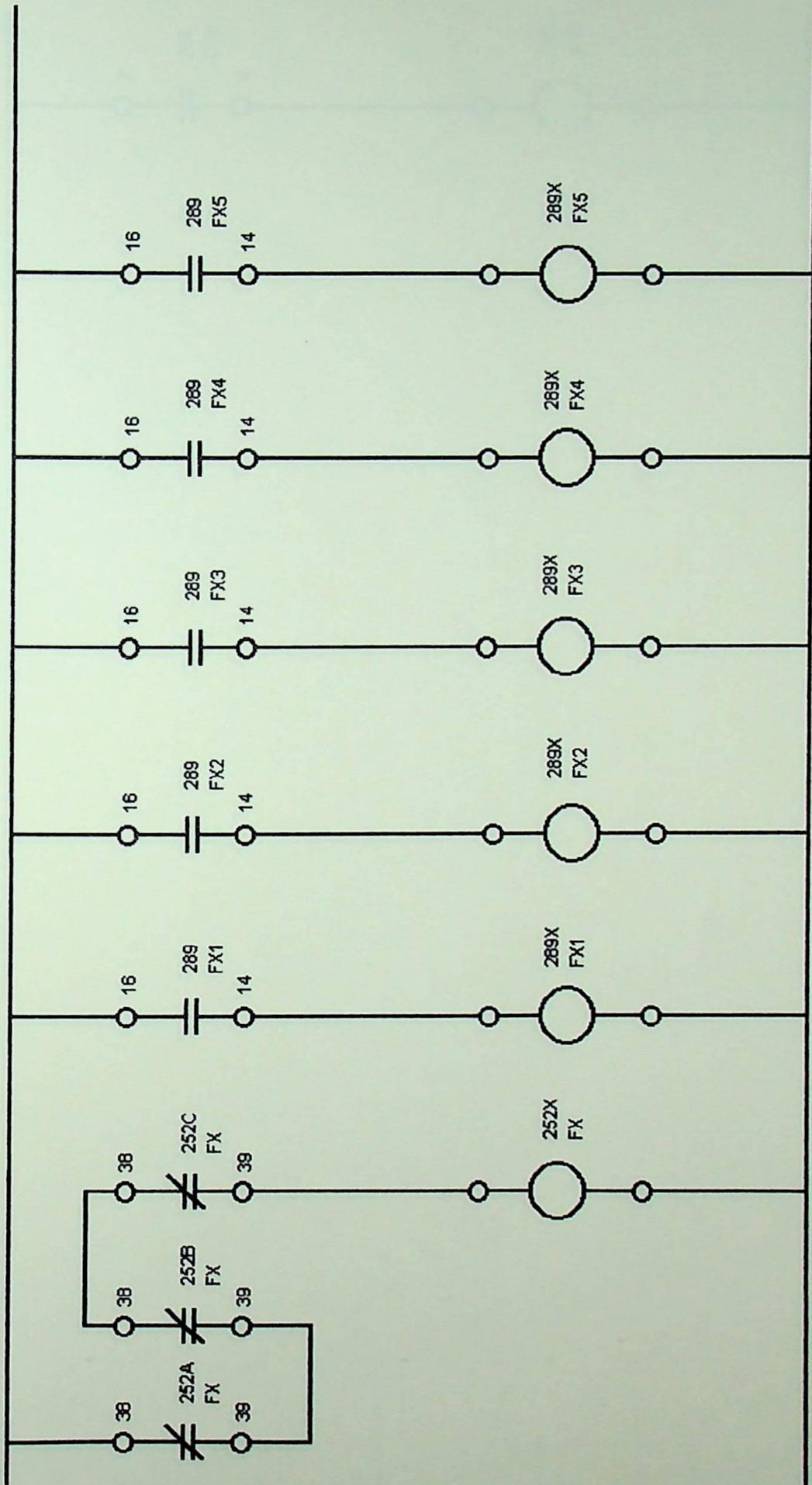


Figura 5 - Relés de Posição das Seccionadoras do Bay FX

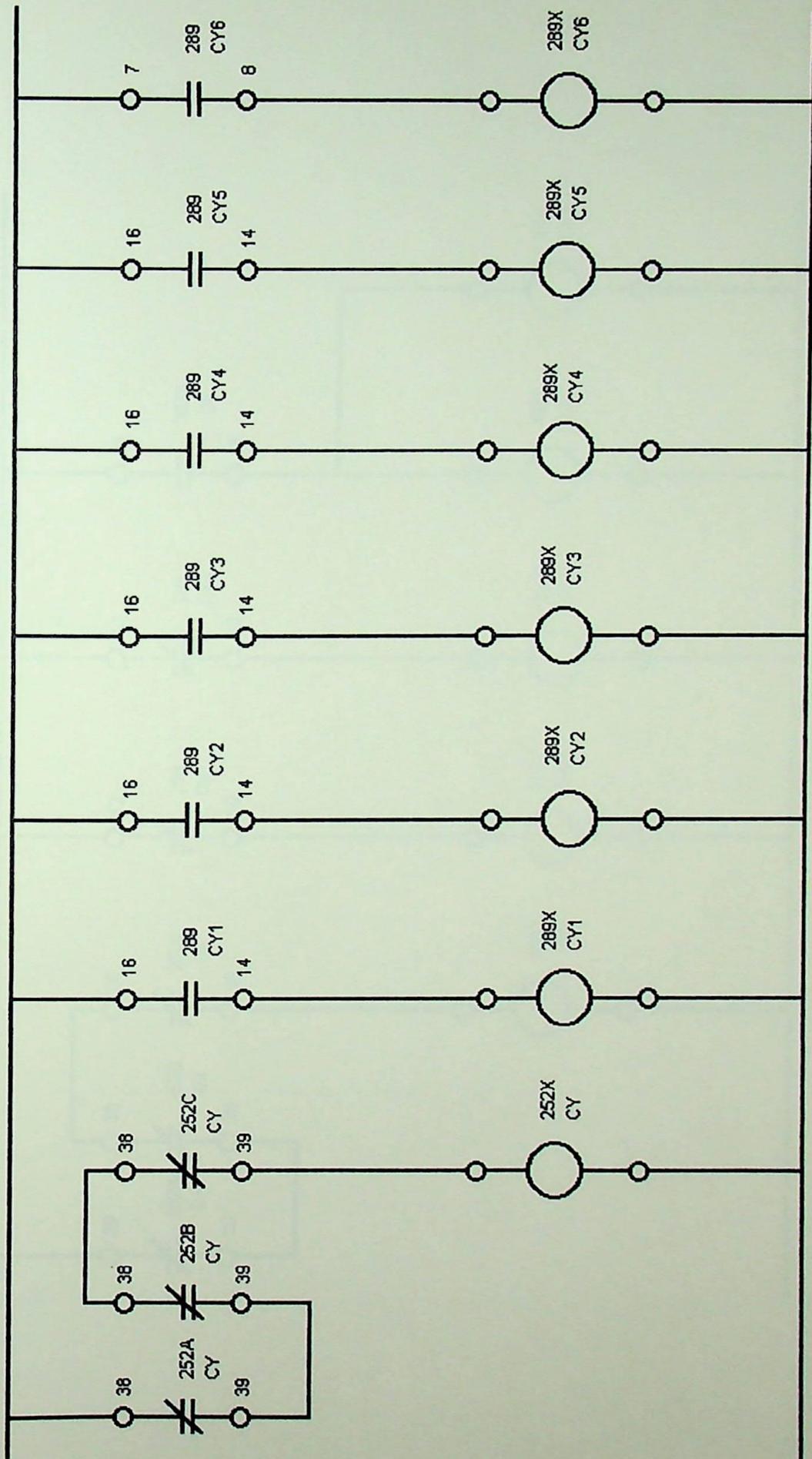


Figura 6 - Relés de Posição das Seccionadoras do Bay CY

SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO

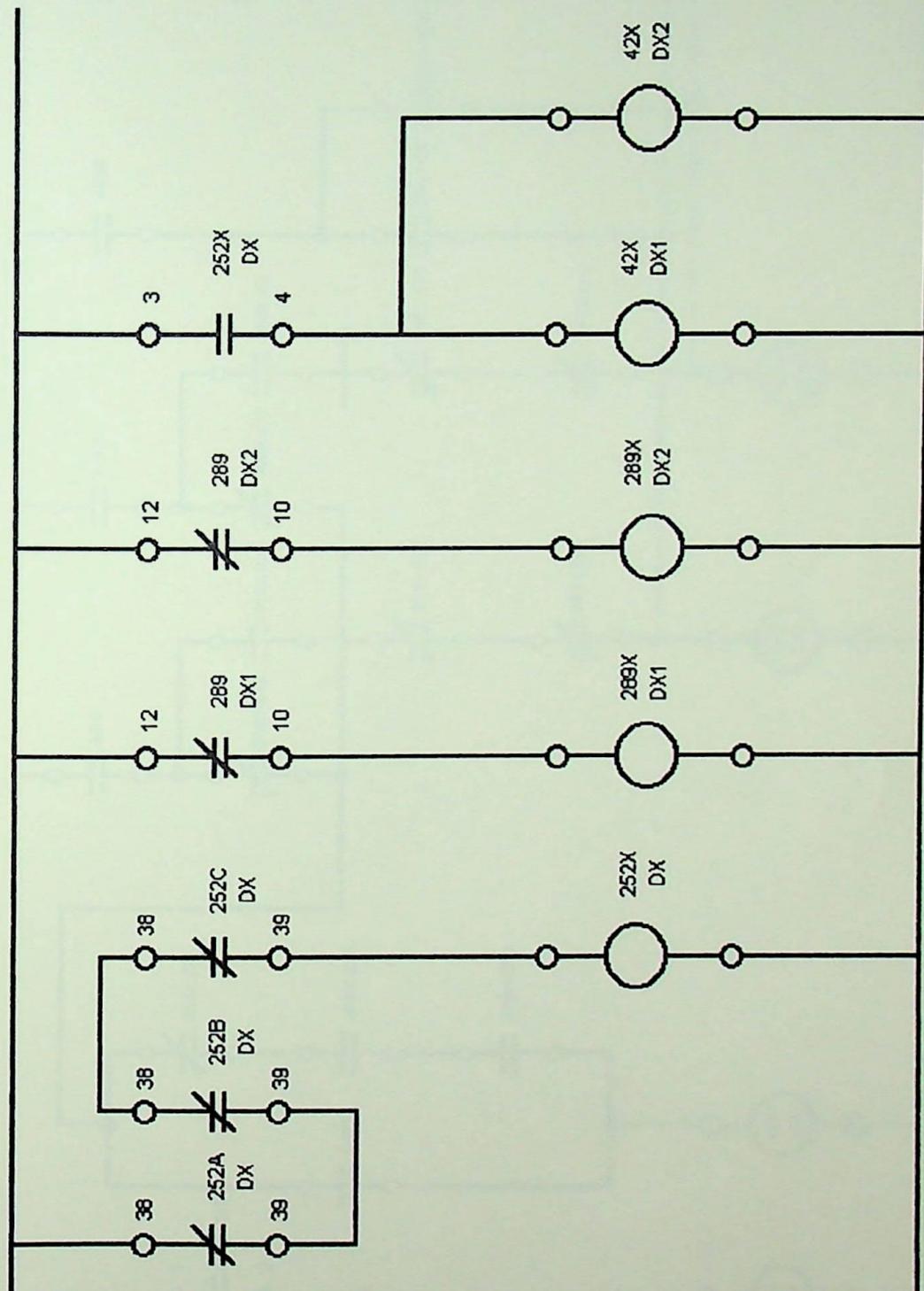


Figura 7 - Relés de Posição das Seccionadoras do Bay DX

SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
 FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

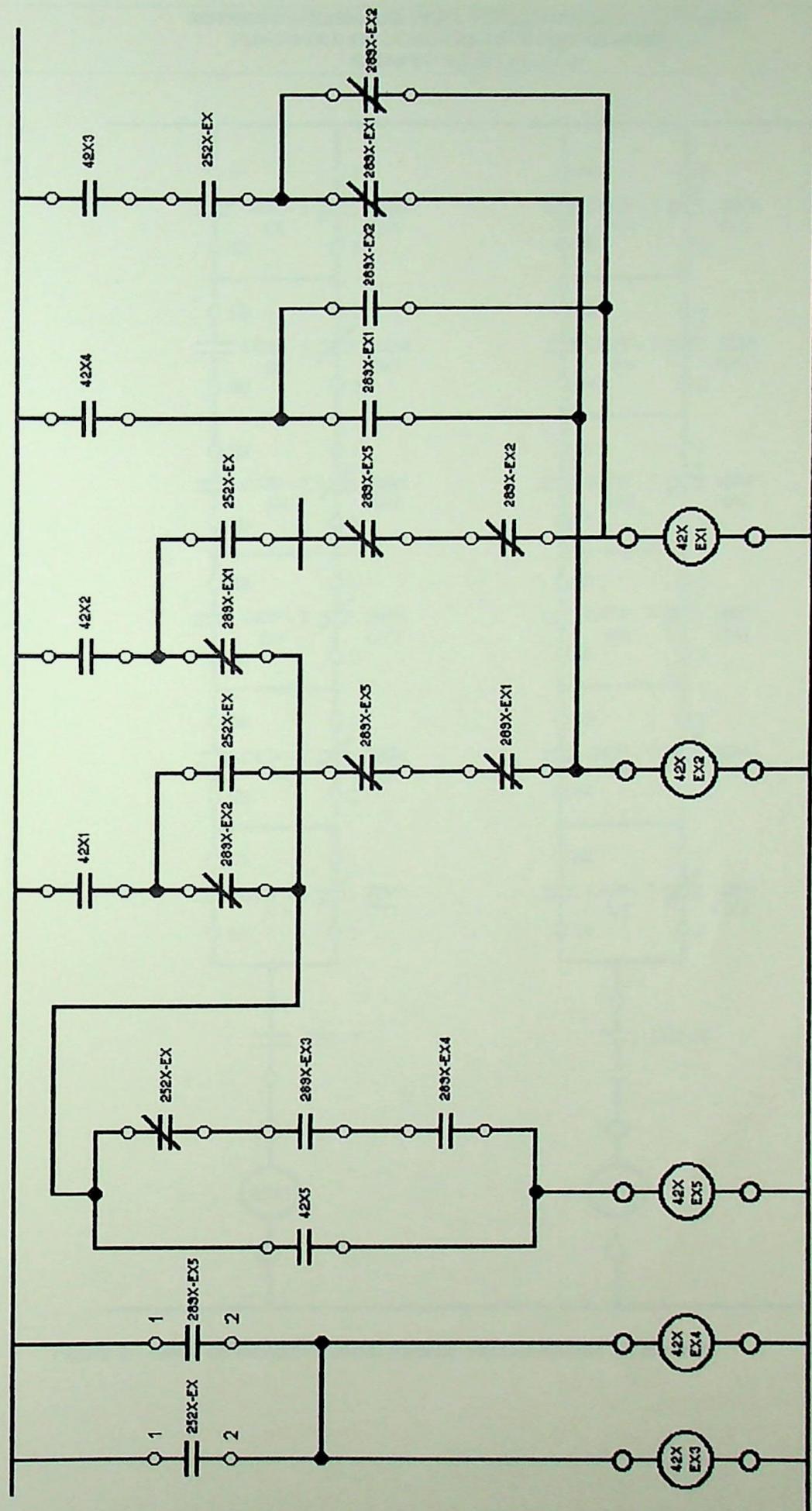


Figura 8 - Relés de Intertravamento para as Seccionadoras do Bay EX

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

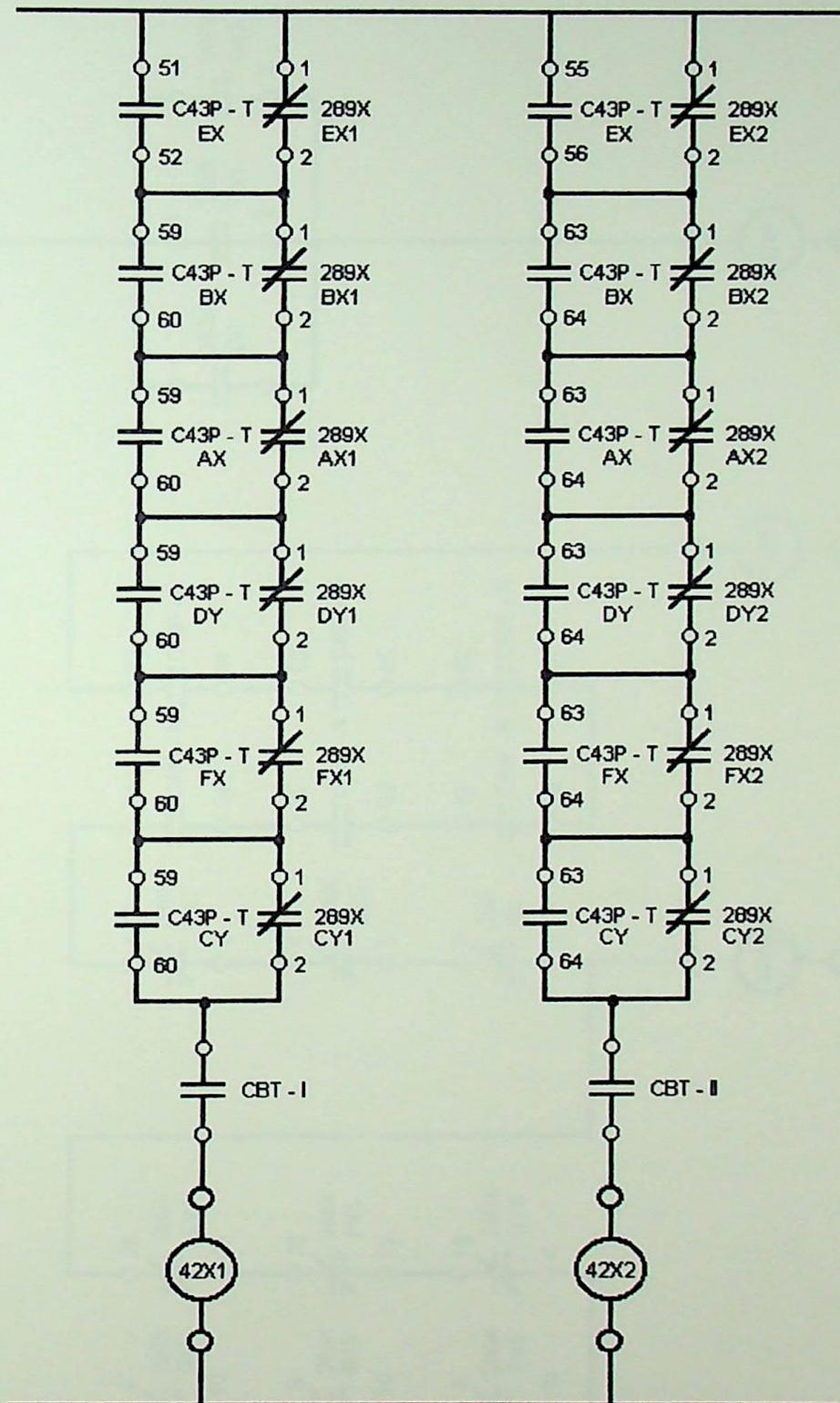


Figura 9 - Relés de Intertravamento para as Seccionadoras do Bay EX

SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
 FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

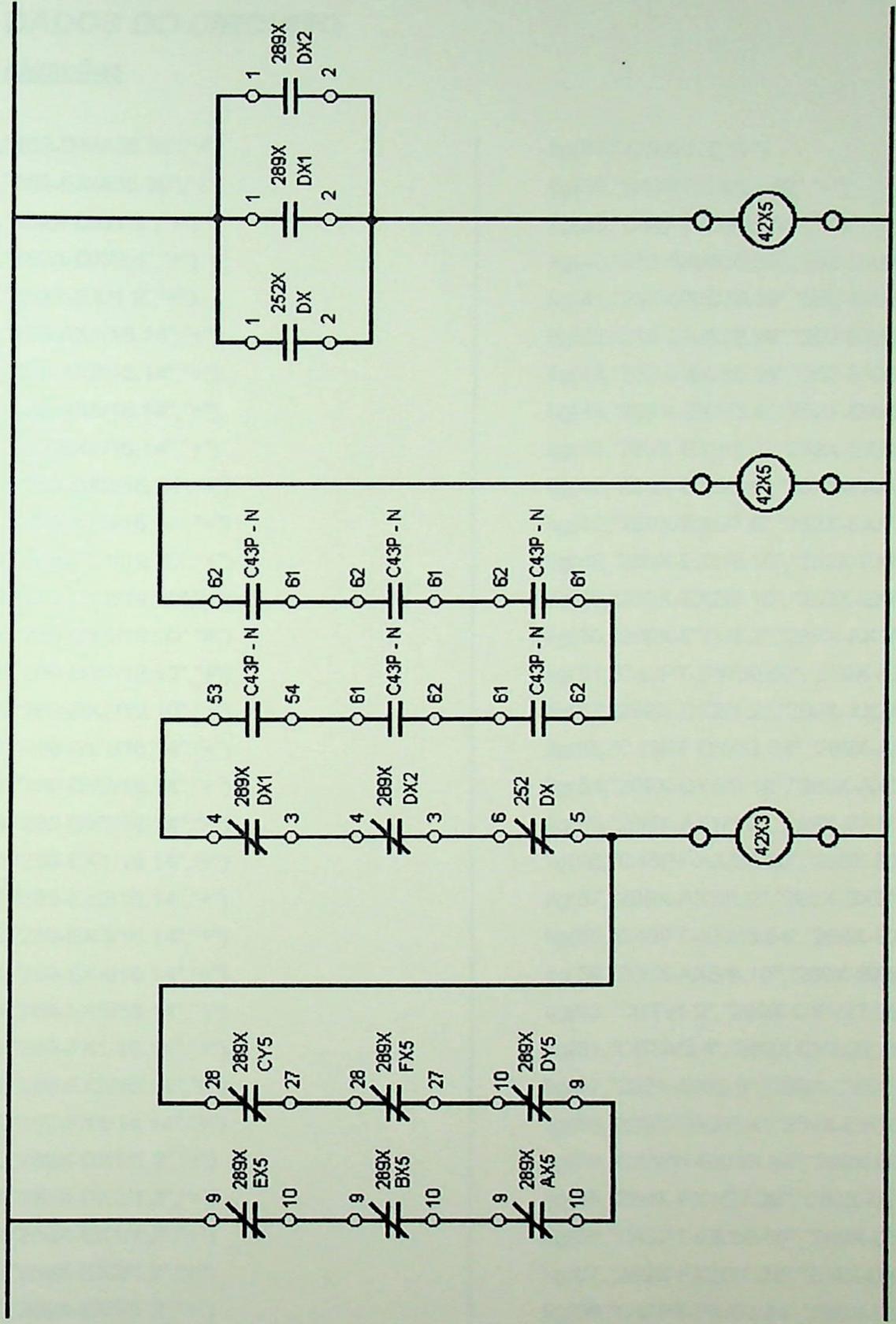


Figura 10 - Reles de Intertravamento para as Seccionadoras do Bay EX

1. DADOS DO CIRCUITO

Ligações

lig(1,"252-DX/A38.39","+")
lig(2,"252-EX/A38.39","+")
lig(3,"252X-DX/1.2","+")
lig(4,"252X-DX/3.4","+")
lig(5,"252X-EX/1.2","+")
lig(6,"289-AX1/16.14","+")
lig(7,"289-AX2/16.14","+")
lig(8,"289-AX5/16.14","+")
lig(9,"289-BX1/16.14","+")
lig(10,"289-BX2/16.14","+")
lig(11,"289-BX5/16.14","+")
lig(12,"289-CY1/19.20","+")
lig(13,"289-CY2/19.20","+")
lig(14,"289-CY5/19.20","+")
lig(15,"289-DX1/12.10","+")
lig(16,"289-DX2/12.10","+")
lig(17,"289-DY1/16.14","+")
lig(18,"289-DY2/16.14","+")
lig(19,"289-DY5/16.14","+")
lig(20,"289-EX1/16.14","+")
lig(21,"289-EX2/16.14","+")
lig(22,"289-EX3/16.14","+")
lig(23,"289-EX4/16.14","+")
lig(24,"289-EX5/16.14","+")
lig(25,"289-FX1/16.14","+")
lig(26,"289-FX2/16.14","+")
lig(27,"289-FX5/16.14","+")
lig(28,"289X-DX1/1.2","+")
lig(29,"289X-DX2/1.2","+")
lig(30,"289X-EX1/1.2","+")
lig(31,"289X-EX2/1.2","+")
lig(32,"289X-EX5/1.2","+")
lig(33,"289X-EX5/9.10","+")
lig(34,"42X1/1.2","+")
lig(35,"42X2/1.2","+")
lig(36,"42X3/1.2","+")
lig(37,"42X4/1.2","+")
lig(38,"C43PT-EX/51.52","+")
lig(39,"C43PT-EX/55.56","+")
lig(40,"252-DX/B38.39","252-DX/A38.39")
lig(41,"252-DX/C38.39","252-DX/B38.39")
lig(42,"252-EX/B38.39","252-EX/A38.39")
lig(43,"252-EX/C38.39","252-EX/B38.39")
lig(44,"289X-DX1/3.4","252X-DX/5.6")
lig(45,"289X-EX3/1.2","252X-EX/3.4")
lig(46,"289X-EX5/5.6","252X-EX/5.6")
lig(47,"289X-EX5/7.8","252X-EX/7.8")
lig(48,"289X-EX1/9.10","252X-EX/9.10")
lig(49,"289X-EX2/9.10","252X-EX/9.10")
lig(50,"289X-DY1/1.2","289X-AX1/1.2")
lig(51,"C43PT-DY/59.60","289X-AX1/1.2")
lig(52,"289X-DY2/1.2","289X-AX2/1.2")
lig(53,"C43PT-DY/63.64","289X-AX2/1.2")
lig(54,"289X-DY5/9.10","289X-AX5/9.10")
lig(55,"289X-AX1/1.2","289X-BX1/1.2")
lig(56,"C43PT-AX/59.60","289X-BX1/1.2")
lig(57,"289X-AX2/1.2","289X-BX2/1.2")
lig(58,"C43PT-AX/63.64","289X-BX2/1.2")
lig(59,"289X-AX5/9.10","289X-BX5/9.10")
lig(60,"CBTI/1.2","289X-CY1/27.28")
lig(61,"CBTII/3.4","289X-CY2/27.28")
lig(62,"252X-DX/5.6","289X-CY5/27.28")
lig(63,"289X-DX2/3.4","289X-DX1/3.4")
lig(64,"C43PN-EX/53.54","289X-DX2/3.4")
lig(65,"289X-FX1/27.28","289X-DY1/1.2")
lig(66,"C43PT-FX/59.60","289X-DY1/1.2")
lig(67,"289X-FX2/27.28","289X-DY2/1.2")
lig(68,"C43PT-FX/63.64","289X-DY2/1.2")
lig(69,"289X-FX5/27.28","289X-DY5/9.10")
lig(70,"289X-BX1/1.2","289X-EX1/1.2")
lig(71,"C43PT-BX/59.60","289X-EX1/1.2")
lig(72,"252X-EX/3.4","289X-EX1/3.4")

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

lig(73,"42X5/1.2","289X-EX1/3.4")
lig(74,"289X-BX2/1.2","289X-EX2/1.2")
lig(75,"C43PT-BX/63.64","289X-EX2/1.2")
lig(76,"252X-EX/3.4","289X-EX2/3.4")
lig(77,"42X5/1.2","289X-EX2/3.4")
lig(78,"289X-EX4/3.4","289X-EX3/1.2")
lig(79,"289X-EX1/5.6","289X-EX5/5.6")
lig(80,"289X-EX2/5.6","289X-EX5/7.8")
lig(81,"289X-BX5/9.10","289X-EX5/9.10")
lig(82,"289X-CY1/27.28","289X-FX1/27.28")
lig(83,"C43PT-CY/59.60","289X-FX1/27.28")
lig(84,"289X-CY2/27.28","289X-FX2/27.28")
lig(85,"C43PT-CY/63.64","289X-FX2/27.28")
lig(86,"289X-CY5/27.28","289X-FX5/27.28")
lig(87,"252X-EX/5.6","42X1/1.2")
lig(88,"289X-EX2/3.4","42X1/1.2")
lig(89,"252X-EX/7.8","42X2/1.2")
lig(90,"289X-EX1/3.4","42X2/1.2")
lig(91,"252X-EX/9.10","42X3/1.2")
lig(92,"289X-EX1/7.8","42X4/1.2")
lig(93,"289X-EX2/7.8","42X4/1.2")
lig(94,"C43PN-DY/61.62","C43PN-AX/61.62")
lig(95,"C43PN-AX/61.62","C43PN-BX/61.62")
lig(96,"C43PN-FX/61.62","C43PN-DY/61.62")
lig(97,"C43PN-BX/61.62","C43PN-EX/53.54")
lig(98,"C43PN-CY/61.62","C43PN-FX/61.62")
lig(99,"289X-DY1/1.2","C43PT-AX/59.60")
lig(100,"C43PT-DY/59.60","C43PT-AX/59.60")
lig(101,"289X-DY2/1.2","C43PT-AX/63.64")
lig(102,"C43PT-DY/63.64","C43PT-AX/63.64")
lig(103,"289X-AX1/1.2","C43PT-BX/59.60")
lig(104,"C43PT-AX/59.60","C43PT-BX/59.60")
lig(105,"289X-AX2/1.2","C43PT-BX/63.64")
lig(106,"C43PT-AX/63.64","C43PT-BX/63.64")
lig(107,"CBTI/1.2","C43PT-CY/59.60")
lig(108,"CBTII/3.4","C43PT-CY/63.64")
lig(109,"289X-FX1/27.28","C43PT-DY/59.60")
lig(110,"C43PT-FX/59.60","C43PT-DY/59.60")
lig(111,"289X-FX2/27.28","C43PT-DY/63.64")
lig(112,"C43PT-FX/63.64","C43PT-DY/63.64")

lig(113,"289X-BX1/1.2","C43PT-EX/51.52")
lig(114,"C43PT-BX/59.60","C43PT-EX/51.52")
lig(115,"289X-BX2/1.2","C43PT-EX/55.56")
lig(116,"C43PT-BX/63.64","C43PT-EX/55.56")
lig(117,"289X-CY1/27.28","C43PT-FX/59.60")
lig(118,"C43PT-CY/59.60","C43PT-FX/59.60")
lig(119,"289X-CY2/27.28","C43PT-FX/63.64")
lig(120,"C43PT-CY/63.64","C43PT-FX/63.64")
lig(121,"252X-DX","252-DX/C38.39")
lig(122,"252X-EX","252-EX/C38.39")
lig(123,"42X5","252X-DX/1.2")
lig(124,"42X-DX1","252X-DX/3.4")
lig(125,"42X-DX2","252X-DX/3.4")
lig(126,"42X-EX3","252X-EX/1.2")
lig(127,"42X-EX4","252X-EX/1.2")
lig(128,"289X-AX1","289-AX1/16.14")
lig(129,"289X-AX2","289-AX2/16.14")
lig(130,"289X-AX5","289-AX5/16.14")
lig(131,"289X-BX1","289-BX1/16.14")
lig(132,"289X-BX2","289-BX2/16.14")
lig(133,"289X-BX5","289-BX5/16.14")
lig(134,"289X-CY1","289-CY1/19.20")
lig(135,"289X-CY2","289-CY2/19.20")
lig(136,"289X-CY5","289-CY5/19.20")
lig(137,"289X-DX1","289-DX1/12.10")
lig(138,"289X-DX2","289-DX2/12.10")
lig(139,"289X-DY1","289-DY1/16.14")
lig(140,"289X-DY2","289-DY2/16.14")
lig(141,"289X-DY5","289-DY5/16.14")
lig(142,"289X-EX1","289-EX1/16.14")
lig(143,"289X-EX2","289-EX2/16.14")
lig(144,"289X-EX3","289-EX3/16.14")
lig(145,"289X-EX4","289-EX4/16.14")
lig(146,"289X-EX5","289-EX5/16.14")
lig(147,"289X-FX1","289-FX1/16.14")
lig(148,"289X-FX2","289-FX2/16.14")
lig(149,"289X-FX5","289-FX5/16.14")
lig(150,"42X3","289X-CY5/27.28")
lig(151,"42X5","289X-DX1/1.2")

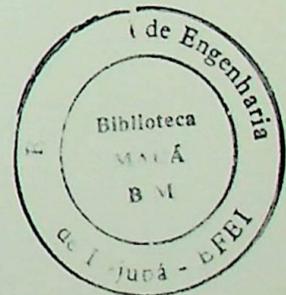
lig(152,"42X5","289X-DX2/1.2")
lig(153,"42X-EX2","289X-EX1/5.6")
lig(154,"42X-EX2","289X-EX1/7.8")
lig(155,"42X-EX2","289X-EX1/9.10")
lig(156,"42X-EX1","289X-EX2/5.6")
lig(157,"42X-EX1","289X-EX2/7.8")
lig(158,"42X-EX1","289X-EX2/9.10")
lig(159,"42X-EX5","289X-EX4/3.4")
lig(160,"42X-EX3","289X-EX5/1.2")
lig(161,"42X-EX4","289X-EX5/1.2")
lig(162,"42X-EX5","42X5/1.2")
lig(163,"42X4","C43PN-CY/61.62")
lig(164,"42X1","CBTI/1.2")
lig(165,"42X2","CBTI/3.4")
lig(166,"-","252X-DX")
lig(167,"-","252X-EX")
lig(168,"-","289X-AX1")
lig(169,"-","289X-AX2")
lig(170,"-","289X-AX5")
lig(171,"-","289X-BX1")
lig(172,"-","289X-BX2")
lig(173,"-","289X-BX5")
lig(174,"-","289X-CY1")
lig(175,"-","289X-CY2")
lig(176,"-","289X-CY5")

lig(177,"-","289X-DX1")
lig(178,"-","289X-DX2")
lig(179,"-","289X-DY1")
lig(180,"-","289X-DY2")
lig(181,"-","289X-DY5")
lig(182,"-","289X-EX1")
lig(183,"-","289X-EX2")
lig(184,"-","289X-EX3")
lig(185,"-","289X-EX4")
lig(186,"-","289X-EX5")
lig(187,"-","289X-FX1")
lig(188,"-","289X-FX2")
lig(189,"-","289X-FX5")
lig(190,"-","42X-DX1")
lig(191,"-","42X-DX2")
lig(192,"-","42X-EX1")
lig(193,"-","42X-EX2")
lig(194,"-","12X-EX3")
lig(195,"-","42X-EX4")
lig(196,"-","42X-EX5")
lig(197,"-","42X1")
lig(198,"-","42X2")
lig(199,"-","42X3")
lig(200,"-","42X4")
lig(201,"-","42X5")

Estado dos Equipamentos

db_aberto("289-AX5/16.14")
db_aberto("289-BX1/16.14")
db_aberto("289-CY1/19.20")
db_aberto("289-CY2/19.20")
db_aberto("289-CY5/19.20")
db_aberto("289-DY1/16.14")
db_aberto("289-DY2/16.14")
db_aberto("289-DY5/16.14")
db_aberto("289-EX1/16.14")
db_aberto("289-EX2/16.14")
db_aberto("289-EX3/16.14")

db_aberto("289-EX4/16.14")
db_aberto("289-EX5/16.14")
db_aberto("289-FX2/16.14")
db_aberto("289-FX5/16.14")
db_aberto("C43PN-BX/61.62")
db_aberto("C43PT-AX/59.60")
db_aberto("C43PT-AX/63.64")
db_aberto("C43PT-CY/59.60")
db_aberto("C43PT-CY/63.64")
db_aberto("C43PT-DY/59.60")
db_aberto("C43PT-DY/63.64")



db_aberto("C43PT-EX/51.52")
db_aberto("C43PT-EX/55.56")
db_aberto("C43PT-FX/59.60")
db_aberto("C43PT-FX/63.64")
db_aberto("C43PN-EX/53.54")
db_aberto("289-AX1/16.14")
db_aberto("289-BX2/16.14")
db_aberto("289-BX5/16.14")
db_aberto("289-FX1/16.14")
db_aberto("C43PN-AX/61.62")
db_aberto("C43PN-CY/61.62")
db_aberto("C43PN-DY/61.62")
db_aberto("C43PN-FX/61.62")

db_aberto("C43PT-BX/59.60")
db_aberto("C43PT-BX/63.64")
db_aberto("CBTII/3.4")
db_fechado("252-DX/A38.39")
db_fechado("252-DX/B38.39")
db_fechado("252-DX/C38.39")
db_fechado("252-EX/A38.39")
db_fechado("252-EX/B38.39")
db_fechado("252-EX/C38.39")
db_fechado("289-DX1/12.10")
db_fechado("289-DX2/12.10")
db_fechado("CBTI/1.2")
db_fechado("289-AX2/16.14")

Identificação dos Relés

db_rele(1,"252X-DX")
db_rele(2,"252X-EX")
db_rele(3,"289X-AX1")
db_rele(4,"289X-AX2")
db_rele(5,"289X-AX5")
db_rele(6,"289X-BX1")
db_rele(7,"289X-BX2")
db_rele(8,"289X-BX5")
db_rele(9,"289X-CY1")
db_rele(10,"289X-CY2")
db_rele(11,"289X-CY5")
db_rele(12,"289X-DX1")
db_rele(13,"289X-DX2")
db_rele(14,"289X-DY1")
db_rele(15,"289X-DY2")
db_rele(16,"289X-DY5")
db_rele(17,"289X-EX1")
db_rele(18,"289X-EX2")

db_rele(19,"289X-EX3")
db_rele(20,"289X-EX4")
db_rele(21,"289X-EX5")
db_rele(22,"289X-FX1")
db_rele(23,"289X-FX2")
db_rele(24,"289X-FX5")
db_rele(25,"42X-DX1")
db_rele(26,"42X-DX2")
db_rele(27,"42X-EX1")
db_rele(28,"42X-EX2")
db_rele(29,"42X-EX3")
db_rele(30,"42X-EX4")
db_rele(31,"42X-EX5")
db_rele(32,"42X1")
db_rele(33,"42X2")
db_rele(34,"42X3")
db_rele(35,"42X4")
db_rele(36,"42X5")

Tipo dos contatos de Equipamentos e Relés

contato(1,"252-DX/A38.39","NF","DISJUNTOR","252-DX")
contato(2,"252-DX/B38.39","NF","DISJUNTOR","252-DX")
contato(3,"252-DX/C38.39","NF","DISJUNTOR","252-DX")
contato(4,"252-EX/A38.39","NF","DISJUNTOR","252-EX")
contato(5,"252-EX/B38.39","NF","DISJUNTOR","252-EX")
contato(6,"252-EX/C38.39","NF","DISJUNTOR","252-EX")
contato(7,"252X-DX/1.2","NA","RELE","252X-DX")
contato(8,"252X-DX/3.4","NA","RELE","252X-DX")
contato(9,"252X-DX/5.6","NF","RELE","252X-DX")
contato(10,"252X-EX/1.2","NA","RELE","252X-EX")
contato(11,"252X-EX/3.4","NF","RELE","252X-EX")
contato(12,"252X-EX/5.6","NA","RELE","252X-EX")
contato(13,"252X-EX/7.8","NA","RELE","252X-EX")
contato(14,"252X-EX/9.10","NA","RELE","252X-EX")
contato(15,"289-AX1/16.14","NA","SECCIONADORA","289-AX1")
contato(16,"289-AX2/16.14","NA","SECCIONADORA","289-AX2")
contato(17,"289-AX5/16.14","NA","SECCIONADORA","289-AX5")
contato(18,"289-BX1/16.14","NA","SECCIONADORA","289-BX1")
contato(19,"289-BX2/16.14","NA","SECCIONADORA","289-BX2")
contato(20,"289-BX5/16.14","NA","SECCIONADORA","289-BX5")
contato(21,"289-CY1/19.20","NA","SECCIONADORA","289-CY1")
contato(22,"289-CY2/19.20","NA","SECCIONADORA","289-CY2")
contato(23,"289-CY5/19.20","NA","SECCIONADORA","289-CY5")
contato(24,"289-DX1/12.10","NF","SECCIONADORA","289-DX1")
contato(25,"289-DX2/12.10","NF","SECCIONADORA","289-DX2")
contato(26,"289-DY1/16.14","NA","SECCIONADORA","289-DY1")
contato(27,"289-DY2/16.14","NA","SECCIONADORA","289-DY2")
contato(28,"289-DY5/16.14","NA","SECCIONADORA","289-DY5")
contato(29,"289-EX1/16.14","NA","SECCIONADORA","289-EX1")
contato(30,"289-EX2/16.14","NA","SECCIONADORA","289-EX2")
contato(31,"289-EX3/16.14","NA","SECCIONADORA","289-EX3")
contato(32,"289-EX4/16.14","NA","SECCIONADORA","289-EX4")
contato(33,"289-EX5/16.14","NA","SECCIONADORA","289-EX5")
contato(34,"289-FX1/16.14","NA","SECCIONADORA","289-FX1")
contato(35,"289-FX2/16.14","NA","SECCIONADORA","289-FX2")
contato(36,"289-FX5/16.14","NA","SECCIONADORA","289-FX5")
contato(37,"289X-AX1/1.2","NF","RELE","289X-AX1")
contato(38,"289X-AX2/1.2","NF","RELE","289X-AX2")

contato(39,"289X-AX5/9.10","NF","RELE","289X-AX5")
contato(40,"289X-BX1/1.2","NF","RELE","289X-BX1")
contato(41,"289X-BX2/1.2","NF","RELE","289X-BX2")
contato(42,"289X-BX5/9.10","NF","RELE","289X-BX5")
contato(43,"289X-CY1/27.28","NF","RELE","289X-CY1")
contato(44,"289X-CY2/27.28","NF","RELE","289X-CY2")
contato(45,"289X-CY5/27.28","NF","RELE","289X-CY5")
contato(46,"289X-DX1/1.2","NA","RELE","289X-DX1")
contato(47,"289X-DX1/3.4","NF","RELE","289X-DX1")
contato(48,"289X-DX2/1.2","NA","RELE","289X-DX2")
contato(49,"289X-DX2/3.4","NF","RELE","289X-DX2")
contato(50,"289X-DY1/1.2","NF","RELE","289X-DY1")
contato(51,"289X-DY2/1.2","NF","RELE","289X-DY2")
contato(52,"289X-DY5/9.10","NF","RELE","289X-DY5")
contato(53,"289X-EX1/1.2","NF","RELE","289X-EX1")
contato(54,"289X-EX1/3.4","NF","RELE","289X-EX1")
contato(55,"289X-EX1/5.6","NF","RELE","289X-EX1")
contato(56,"289X-EX1/7.8","NA","RELE","289X-EX1")
contato(57,"289X-EX1/9.10","NF","RELE","289X-EX1")
contato(58,"289X-EX2/1.2","NF","RELE","289X-EX2")
contato(59,"289X-EX2/3.4","NF","RELE","289X-EX2")
contato(60,"289X-EX2/5.6","NF","RELE","289X-EX2")
contato(61,"289X-EX2/7.8","NA","RELE","289X-EX2")
contato(62,"289X-EX2/9.10","NF","RELE","289X-EX2")
contato(63,"289X-EX3/1.2","NA","RELE","289X-EX3")
contato(64,"289X-EX4/3.4","NA","RELE","289X-EX4")
contato(65,"289X-EX5/1.2","NA","RELE","289X-EX5")
contato(66,"289X-EX5/5.6","NF","RELE","289X-EX5")
contato(67,"289X-EX5/7.8","NF","RELE","289X-EX5")
contato(68,"289X-EX5/9.10","NF","RELE","289X-EX5")
contato(69,"289X-FX1/27.28","NF","RELE","289X-FX1")
contato(70,"289X-FX2/27.28","NF","RELE","289X-FX2")
contato(71,"289X-FX5/27.28","NF","RELE","289X-FX5")
contato(72,"42X1/1.2","NA","RELE","42X1")
contato(73,"42X2/1.2","NA","RELE","42X2")
contato(74,"42X3/1.2","NA","RELE","42X3")
contato(75,"42X4/1.2","NA","RELE","42X4")
contato(76,"42X5/1.2","NA","RELE","42X5")
contato(77,"C43PN-AX/61.62","NA","CHAVE TRANSF","C43PN-AX")
contato(78,"C43PN-BX/61.62","NA","CHAVE TRANSF","C43PN-BX")
contato(79,"C43PN-CY/61.62","NA","CHAVE TRANSF","C43PN-CY")

contato(80,"C43PN-DY/61.62","NA","CHAVE TRANSF","C43PN-DY")
contato(81,"C43PN-EX/53.54","NA","CHAVE TRANSF","C43PN-EX")
contato(82,"C43PN-FX/61.62","NA","CHAVE TRANSF","C43PN-FX")
contato(83,"C43PT-AX/59.60","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-AX")
contato(84,"C43PT-AX/63.64","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-AX")
contato(85,"C43PT-BX/59.60","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-BX")
contato(86,"C43PT-BX/63.64","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-BX")
contato(87,"C43PT-CY/59.60","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-CY")
contato(88,"C43PT-CY/63.64","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-CY")
contato(89,"C43PT-DY/59.60","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-DY")
contato(90,"C43PT-DY/63.64","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-DY")
contato(91,"C43PT-EX/51.52","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-EX")
contato(92,"C43PT-EX/55.56","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-EX")
contato(93,"C43PT-FX/59.60","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-FX")
contato(94,"C43PT-FX/63.64","NA","CHAVE TRANSF","C43PT-FX")
contato(95,"CBTI/1.2","NA","CHAVE SELETORA","CBTI")
contato(96,"CBTII/3.4","NA","CHAVE SELETORA","CBTII")

Tipo dos Equipamentos

db_eq(1,"252-DX","DISJUNTOR",0)
db_eq(2,"252-EX","DISJUNTOR",0)
db_eq(3,"289-AX1","SECCIONADORA",0)
db_eq(4,"289-AX2","SECCIONADORA",1)
db_eq(5,"289-AX5","SECCIONADORA",0)
db_eq(6,"289-BX1","SECCIONADORA",0)
db_eq(7,"289-BX2","SECCIONADORA",0)
db_eq(8,"289-BX5","SECCIONADORA",0)
db_eq(9,"289-CY1","SECCIONADORA",0)
db_eq(10,"289-CY2","SECCIONADORA",0)
db_eq(11,"289-CY5","SECCIONADORA",0)
db_eq(12,"289-DX1","SECCIONADORA",0)
db_eq(13,"289-DX2","SECCIONADORA",0)
db_eq(14,"289-DY1","SECCIONADORA",0)
db_eq(15,"289-DY2","SECCIONADORA",0)
db_eq(16,"289-DY5","SECCIONADORA",0)
db_eq(17,"289-EX1","SECCIONADORA",0)
db_eq(18,"289-EX2","SECCIONADORA",0)
db_eq(19,"289-EX3","SECCIONADORA",0)

db_eq(20,"289-EX4","SECCIONADORA",0)
db_eq(21,"289-EX5","SECCIONADORA",0)
db_eq(22,"289-FX1","SECCIONADORA",0)
db_eq(23,"289-FX2","SECCIONADORA",0)
db_eq(24,"289-FX5","SECCIONADORA",0)
db_eq(25,"C43PN-AX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(26,"C43PN-BX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(27,"C43PN-CY","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(28,"C43PN-DY","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(29,"C43PN-EX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(30,"C43PN-FX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(31,"C43PT-AX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(32,"C43PT-BX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(33,"C43PT-CY","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(34,"C43PT-DY","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(35,"C43PT-EX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(36,"C43PT-FX","CHAVE TRANSF",0)
db_eq(37,"CBTI","CHAVE SELETORA",1)
db_eq(38,"CBTII","CHAVE SELETORA",0)



**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Condições Preliminares

<u>Equipamento</u>	<u>Estado</u>	
DISJUNTOR	252-DX	Aberto
DISJUNTOR	252-EX	Aberto
SECCIONADORA	289-AX1	Aberto
SECCIONADORA	289-AX5	Aberto
SECCIONADORA	289-BX1	Aberto
SECCIONADORA	289-BX2	Aberto
SECCIONADORA	289-BX5	Aberto
SECCIONADORA	289-CY1	Aberto
SECCIONADORA	289-CY2	Aberto
SECCIONADORA	289-CY5	Aberto
SECCIONADORA	289-DX1	Aberto
SECCIONADORA	289-DX2	Aberto
SECCIONADORA	289-DY1	Aberto
SECCIONADORA	289-DY2	Aberto
SECCIONADORA	289-DY5	Aberto
SECCIONADORA	289-EX1	Aberto
SECCIONADORA	289-EX2	Aberto
SECCIONADORA	289-EX3	Aberto
SECCIONADORA	289-EX4	Aberto
SECCIONADORA	289-EX5	Aberto
SECCIONADORA	289-FX1	Aberto
SECCIONADORA	289-FX2	Aberto
SECCIONADORA	289-FX5	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PN-AX	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PN-BX	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PN-CY	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PN-DY	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PN-EX	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PN-FX	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PT-AX	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PT-BX	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PT-CY	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PT-DY	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PT-EX	Aberto
CHAVE TRANSF	C43PT-FX	Aberto
CHAVE SELETORA	CBTII	Aberto
SECCIONADORA	289-AX2	Fechado
CHAVE SELETORA	CBTI	Fechado

Estado Inicial do Reles

Rele	252X-DX	Operado
Rele	252X-EX	Operado
Rele	289X-AX2	Operado
Rele	289X-DX1	Operado
Rele	289X-DX2	Operado
Rele	42X-DX1	Operado
Rele	42X-DX2	Operado
Rele	42X-EX1	Operado
Rele	42X-EX2	Operado
Rele	42X-EX3	Operado
Rele	42X-EX4	Operado
Rele	42X-EX5	Operado
Rele	42X1	Operado
Rele	42X3	Operado
Rele	42X5	Operado
Rele	289X-AX1	Desoperado
Rele	289X-AX5	Desoperado
Rele	289X-BX1	Desoperado
Rele	289X-BX2	Desoperado
Rele	289X-BX5	Desoperado
Rele	289X-CY1	Desoperado
Rele	289X-CY2	Desoperado
Rele	289X-CY5	Desoperado
Rele	289X-DY1	Desoperado
Rele	289X-DY2	Desoperado
Rele	289X-DY5	Desoperado
Rele	289X-EX1	Desoperado
Rele	289X-EX2	Desoperado
Rele	289X-EX3	Desoperado
Rele	289X-EX4	Desoperado
Rele	289X-EX5	Desoperado
Rele	289X-FX1	Desoperado
Rele	289X-FX2	Desoperado
Rele	289X-FX5	Desoperado
Rele	42X2	Desoperado
Rele	42X4	Desoperado

2. PROGRAMA DE TESTES

Teste do Relé 252X-DX

Desconectar o contato	252-DX/C38.39	relé	252X-DX desoperado
Reconectar o contato	252-DX/C38.39	relé	252X-DX operado
Desconectar o contato	252-DX/B38.39	relé	252X-DX desoperado
Reconectar o contato	252-DX/B38.39	relé	252X-DX operado
Desconectar o contato	252-DX/A38.39	relé	252X-DX desoperado
Reconectar o contato	252-DX/A38.39	relé	252X-DX operado

Teste do Relé 252X-EX

Desconectar o contato	252-EX/C38.39	relé	252X-EX desoperado
Reconectar o contato	252-EX/C38.39	relé	252X-EX operado
Desconectar o contato	252-EX/B38.39	relé	252X-EX desoperado
Reconectar o contato	252-EX/B38.39	relé	252X-EX operado
Desconectar o contato	252-EX/A38.39	relé	252X-EX desoperado
Reconectar o contato	252-EX/A38.39	relé	252X-EX operado

Teste do Relé 289X-AX1

Colocar jumper no contato	289-AX1/16.14	relé	289X-AX1 operado
Retirar jumper do contato	289-AX1/16.14	relé	289X-AX1 desoperado
Desconectar o contato	289-AX2/16.14	relé	289X-AX2 desoperado
Reconectar o contato	289-AX2/16.14	relé	289X-AX2 operado

Teste do Relé 289X-AX5

Colocar jumper no contato	289-AX5/16.14	relé	289X-AX5 operado
Retirar jumper do contato	289-AX5/16.14	relé	289X-AX5 desoperado

Teste do Relé 289X-BX1

Colocar jumper no contato	289-BX1/16.14	relé	289X-BX1 operado
Retirar jumper do contato	289-BX1/16.14	relé	289X-BX1 desoperado

Teste do Relé 289X-BX2

Colocar jumper no contato	289-BX2/16.14	relé	289X-BX2 operado
Retirar jumper do contato	289-BX2/16.14	relé	289X-BX2 desoperado

Teste do Relé 289X-BX5

Colocar jumper no contato	289-BX5/16.14	relé	289X-BX5 operado
Retirar jumper do contato	289-BX5/16.14	relé	289X-BX5 desoperado

Teste do Relé 289X-CY1

Colocar jumper no contato	289-CY1/19.20	relé	289X-CY1 operado
Retirar jumper do contato	289-CY1/19.20	relé	289X-CY1 desoperado

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Teste do Rele 289X-CY2

Colocar jumper no contato	289-CY2/19.20	rele	289X-CY2 operado
Retirar jumper do contato	289-CY2/19.20	rele	289X-CY2 desoperado

Teste do Rele 289X-CY5

Colocar jumper no contato	289-CY5/19.20	rele	289X-CY5 operado
Retirar jumper do contato	289-CY5/19.20	rele	289X-CY5 desoperado

Teste do Rele 289X-DX1

Desconectar o contato	289-DX1/12.10	rele	289X-DX1 desoperado
Reconectar o contato	289-DX1/12.10	rele	289X-DX1 operado

Teste do Rele 289X-DX2

Desconectar o contato	289-DX2/12.10	rele	289X-DX2 desoperado
Reconectar o contato	289-DX2/12.10	rele	289X-DX2 operado

Teste do Rele 289X-DY1

Colocar jumper no contato	289-DY1/16.14	rele	289X-DY1 operado
Retirar jumper do contato	289-DY1/16.14	rele	289X-DY1 desoperado

Teste do Rele 289X-DY2

Colocar jumper no contato	289-DY2/16.14	rele	289X-DY2 operado
Retirar jumper do contato	289-DY2/16.14	rele	289X-DY2 desoperado

Teste do Rele 289X-DY5

Colocar jumper no contato	289-DY5/16.14	rele	289X-DY5 operado
Retirar jumper do contato	289-DY5/16.14	rele	289X-DY5 desoperado

Teste do Rele 289X-EX1

Colocar jumper no contato	289-EX1/16.14	rele	289X-EX1 operado
Retirar jumper do contato	289-EX1/16.14	rele	289X-EX1 desoperado

Teste do Rele 289X-EX2

Colocar jumper no contato	289-EX2/16.14	rele	289X-EX2 operado
Retirar jumper do contato	289-EX2/16.14	rele	289X-EX2 desoperado

Teste do Rele 289X-EX3

Colocar jumper no contato	289-EX3/16.14	rele	289X-EX3 operado
Retirar jumper do contato	289-EX3/16.14	rele	289X-EX3 desoperado

Teste do Rele 289X-EX4

Colocar jumper no contato	289-EX4/16.14	rele	289X-EX4 operado
Retirar jumper do contato	289-EX4/16.14	rele	289X-EX4 desoperado



**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Teste do Rele 289X-EX5

Colocar jumper no contato	289-EX5/16.14	rele	289X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	289-EX5/16.14	rele	289X-EX5 desoperado
Colocar jumper no contato	289-FX1/16.14	rele	289X-FX1 operado
Retirar jumper do contato	289-FX1/16.14	rele	289X-FX1 desoperado

Teste do Rele 289X-FX2

Colocar jumper no contato	289-FX2/16.14	rele	289X-FX2 operado
Retirar jumper do contato	289-FX2/16.14	rele	289X-FX2 desoperado

Teste do Rele 289X-FX5

Colocar jumper no contato	289-FX5/16.14	rele	289X-FX5 operado
Retirar jumper do contato	289-FX5/16.14	rele	289X-FX5 desoperado

Teste do Rele 42X-DX1

Desconectar a bobina do rele	42X-DX2		
Desconectar o contato	252X-DX/3.4	rele	42X-DX1 desoperado

Teste do Rele 42X-DX2

Reconectar a bobina do rele	42X-DX2		
Desconectar a bobina do rele	42X-DX1		
Reconectar o contato	252X-DX/3.4	rele	42X-DX2 operado
Desconectar o contato	252X-DX/3.4	rele	42X-DX2 desoperado
Reconectar a bobina do rele	42X-DX1		
Reconectar o contato	252X-DX/3.4	rele	42X-DX2 operado

Teste do Rele 42X-EX1

Desconectar a bobina do rele	42X-EX2		
Desconectar a bobina do rele	42X-EX5		
Colocar jumper no contato	42X2/1.2	rele	42X-EX1 operado
Colocar jumper no contato	42X4/1.2	rele	42X-EX1 operado
Colocar jumper no contato	289X-EX2/7.8	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/5.6	rele	42X-EX1 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX2/7.8	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/9.10	rele	42X-EX1 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX2/5.6	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	289X-EX5/7.8	rele	42X-EX1 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX5/7.8	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	252X-EX/7.8	rele	42X-EX1 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/7.8	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/3.4	rele	42X-EX1 operado
Retirar jumper do contato	42X2/1.2	rele	42X-EX1 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX2/7.8	rele	42X-EX1 operado

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Retirar jumper do contato	42X4/1.2	rele	42X-EX1 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX2/9.10	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/9.10	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	252X-EX/9.10	rele	42X-EX1 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/9.10	rele	42X-EX1 operado
Desconectar o contato	42X3/1.2	rele	42X-EX1 desoperado

Teste do Rele 42X-EX2

Reconectar a bobina do rele	42X-EX2		
Desconectar a bobina do rele	42X-EX1		
Colocar jumper no contato	42X4/1.2	rele	42X-EX2 operado
Reconectar o contato	42X3/1.2	rele	42X-EX2 operado
Colocar jumper no contato	289X-EX1/7.8	rele	42X-EX2 operado
Reconectar o contato	289X-EX1/9.10	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/5.6	rele	42X-EX2 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX1/7.8	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/9.10	rele	42X-EX2 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/5.6	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	289X-EX5/5.6	rele	42X-EX2 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX5/5.6	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	252X-EX/5.6	rele	42X-EX2 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/5.6	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/3.4	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	42X1/1.2	rele	42X-EX2 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX1/7.8	rele	42X-EX2 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX2/7.8	rele	42X-EX2 operado
Retirar jumper do contato	42X4/1.2	rele	42X-EX2 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/9.10	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/9.10	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	252X-EX/9.10	rele	42X-EX2 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/9.10	rele	42X-EX2 operado
Desconectar o contato	42X3/1.2	rele	42X-EX2 desoperado

Teste do Rele 42X-EX3

Desconectar a bobina do rele	42X-EX4		
Colocar jumper no contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX3 operado
Desconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX3 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX3 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX3 operado
Desconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX3 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX3 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX3 desoperado

Teste do Rele 42X-EX4

Reconectar a bobina do rele 42X-EX4			
Desconectar a bobina do rele 42X-EX3			
Reconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX4 operado
Colocar jumper no contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX4 operado
Desconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX4 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX4 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX4 operado
Desconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX4 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX4 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX5/1.2	rele	42X-EX4 desoperado

Teste do Rele 42X-EX5

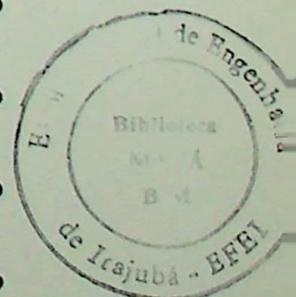
Reconectar a bobina do rele 42X-EX5			
Desconectar a bobina do rele 42X-EX2			
Colocar jumper no contato	42X2/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	42X1/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX4/3.4	rele	42X-EX5 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX3/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Colocar jumper no contato	252X-EX/3.4	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/3.4	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX4/3.4	rele	42X-EX5 operado
Desconectar o contato	42X5/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX4/3.4	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX3/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-EX3/1.2	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	252X-EX/3.4	rele	42X-EX5 desoperado
Colocar jumper no contato	252X-EX/3.4	rele	42X-EX5 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/3.4	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX2/3.4	rele	42X-EX5 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/3.4	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/3.4	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	252X-EX/3.4	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	42X5/1.2	rele	42X-EX5 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/3.4	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX2/3.4	rele	42X-EX5 operado
Desconectar o contato	252X-EX/5.6	rele	42X-EX5 operado
Desconectar o contato	42X1/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/3.4	rele	42X-EX5 operado
Desconectar o contato	252X-EX/7.8	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	42X2/1.2	rele	42X-EX5 desoperado

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Reconectar a bobina do rele	42X-EX1		
Reconectar a bobina do rele	42X-EX3		
Reconectar a bobina do rele	42X-EX2		
Reconectar o contato	289X-EX2/9.10	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	42X3/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/1.2	rele	42X-EX5 desoperado
Reconectar o contato	252X-EX/5.6	rele	42X-EX5 operado
Reconectar o contato	42X1/1.2	rele	42X-EX5 operado
Reconectar o contato	252X-EX/7.8	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX1/7.8	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX4/3.4	rele	42X-EX5 operado
Retirar jumper do contato	289X-EX3/1.2	rele	42X-EX5 operado

Teste do Rele 42X1

Colocar jumper no contato	C43PT-EX/51.52	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	CBTI/1.2	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	CBTI/1.2	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-CY1/27.28	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-CY/59.60	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-FX1/27.28	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-FX/59.60	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-FX/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-FX1/27.28	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-CY/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-CY1/27.28	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-FX1/27.28	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-FX/59.60	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-DY1/1.2	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-DY/59.60	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-DY/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-DY1/1.2	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-FX/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-FX1/27.28	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-DY1/1.2	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-DY/59.60	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-AX1/1.2	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-AX/59.60	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-AX/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-AX1/1.2	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-DY/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-DY1/1.2	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-AX1/1.2	rele	42X1 desoperado



**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Colocar jumper no contato	C43PT-AX/59.60	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-BX1/1.2	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-BX/59.60	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-BX/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-BX1/1.2	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-AX/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-AX1/1.2	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-BX1/1.2	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-BX/59.60	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/1.2	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-EX/51.52	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/1.2	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-BX/59.60	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-BX1/1.2	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/1.2	rele	42X1 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-EX/51.52	rele	42X1 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-EX/51.52	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/1.2	rele	42X1 operado
Desconectar o contato	289X-EX1/1.2	rele	42X1 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX1/1.2	rele	42X1 operado

Teste do Rele 42X2

Colocar jumper no contato	C43PT-EX/55.56	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	CBTII/3.4	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-AX2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	CBTII/3.4	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	CBTII/3.4	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-CY2/27.28	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-CY/63.64	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-FX2/27.28	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-FX/63.64	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-FX/63.64	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-FX2/27.28	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-CY/63.64	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-CY2/27.28	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-FX2/27.28	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-FX/63.64	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-DY2/1.2	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-DY/63.64	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-DY/63.64	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-DY2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-FX/63.64	rele	42X2 desoperado

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Reconectar o contato	289X-FX2/27.28	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-DY2/1.2	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-DY/63.64	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	289X-AX2/1.2	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-AX/63.64	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-AX/63.64	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-AX2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-DY/63.64	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-DY2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	289X-AX2/1.2	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-AX/63.64	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-BX2/1.2	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-BX/63.64	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-BX/63.64	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-BX2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-AX/63.64	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-AX2/1.2	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-BX2/1.2	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-BX/63.64	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-EX/55.56	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-BX/63.64	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-BX2/1.2	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/1.2	rele	42X2 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PT-EX/55.56	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	C43PT-EX/55.56	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX2/1.2	rele	42X2 operado
Desconectar o contato	289X-EX2/1.2	rele	42X2 desoperado
Reconectar o contato	289X-EX2/1.2	rele	42X2 operado
Retirar jumper do contato	CBTII/3.4	rele	42X2 desoperado
Retirar jumper do contato	289X-AX2/1.2	rele	42X2 desoperado

Teste do Rele 42X3

Desconectar a bobina do rele	42X4		
Desconectar o contato	289X-CY5/27.28	rele	42X3 desoperado
Reconectar o contato	289X-CY5/27.28	rele	42X3 operado
Desconectar o contato	289X-FX5/27.28	rele	42X3 desoperado
Reconectar o contato	289X-FX5/27.28	rele	42X3 operado
Desconectar o contato	289X-DY5/9.10	rele	42X3 desoperado
Reconectar o contato	289X-DY5/9.10	rele	42X3 operado
Desconectar o contato	289X-AX5/9.10	rele	42X3 desoperado

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Reconectar o contato	289X-AX5/9.10	rele	42X3 operado
Desconectar o contato	289X-BX5/9.10	rele	42X3 desoperado
Reconectar o contato	289X-BX5/9.10	rele	42X3 operado
Desconectar o contato	289X-EX5/9.10	rele	42X3 desoperado

Teste do Rele 42X4

Reconectar a bobina do rele 42X4

Desconectar a bobina do rele 42X3

Reconectar o contato	289X-EX5/9.10	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-CY/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-FX/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-DY/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-AX/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-BX/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-EX/53.54	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-DX2/3.4	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-DX1/3.4	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	252X-DX/5.6	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	C43PN-CY/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-CY/61.62	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	C43PN-FX/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-FX/61.62	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	C43PN-DY/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-DY/61.62	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	C43PN-AX/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-AX/61.62	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	C43PN-BX/61.62	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-BX/61.62	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	C43PN-EX/53.54	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	C43PN-EX/53.54	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	289X-DX2/3.4	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-DX2/3.4	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	289X-DX1/3.4	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	289X-DX1/3.4	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	252X-DX/5.6	rele	42X4 desoperado
Colocar jumper no contato	252X-DX/5.6	rele	42X4 operado
Desconectar o contato	289X-CY5/27.28	rele	42X4 desoperado
Reconectar o contato	289X-CY5/27.28	rele	42X4 operado
Desconectar o contato	289X-FX5/27.28	rele	42X4 desoperado
Reconectar o contato	289X-FX5/27.28	rele	42X4 operado
Desconectar o contato	289X-DY5/9.10	rele	42X4 desoperado
Reconectar o contato	289X-DY5/9.10	rele	42X4 operado

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
FUNCIONAIS EM CIRCUITOS DE INTERTRAVAMENTO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

Desconectar o contato	289X-AX5/9.10	rele	42X4 desoperado
Reconectar o contato	289X-AX5/9.10	rele	42X4 operado
Desconectar o contato	289X-BX5/9.10	rele	42X4 desoperado
Reconectar o contato	289X-BX5/9.10	rele	42X4 operado
Desconectar o contato	289X-EX5/9.10	rele	42X4 desoperado
Reconectar a bobina do rele42X3			
Reconectar o contato	289X-EX5/9.10	rele	42X4 operado
Retirar jumper do contato	C43PN-CY/61.62	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	C43PN-FX/61.62	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	C43PN-DY/61.62	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	C43PN-AX/61.62	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	C43PN-BX/61.62	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	C43PN-EX/53.54	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	289X-DX2/3.4	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	289X-DX1/3.4	rele	42X4 desoperado
Retirar jumper do contato	252X-DX/5.6	rele	42X4 desoperado

Teste do Rele 42X5

Desconectar o contato	252X-DX/1.2	rele	42X5 operado
Desconectar o contato	289X-DX1/1.2	rele	42X5 operado
Desconectar o contato	289X-DX2/1.2	rele	42X5 desoperado
Reconectar o contato	252X-DX/1.2	rele	42X5 operado
Desconectar o contato	252X-DX/1.2	rele	42X5 desoperado
Reconectar o contato	289X-DX1/1.2	rele	42X5 operado
Desconectar o contato	289X-DX1/1.2	rele	42X5 desoperado
Reconectar o contato	289X-DX2/1.2	rele	42X5 operado
Desconectar o contato	289X-DX2/1.2	rele	42X5 desoperado
Reconectar o contato	252X-DX/1.2	rele	42X5 operado
Reconectar o contato	289X-DX1/1.2	rele	42X5 operado
Reconectar o contato	289X-DX2/1.2	rele	42X5 operado

ANEXO 03

**SISTEMA ESPECIALISTA
PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
DE INJEÇÃO DE CORRENTE
EM CIRCUITOS DE PROTEÇÃO
EXEMPLO DE APLICAÇÃO**



PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR

Apresentamos a seguir um exemplo de aplicação para um circuito de corrente referente à proteção diferencial de um transformador com os TC's principais ligados em estrela e os TC's auxiliares ligados em estrela-delta.

Este exemplo representa, uma configuração de proteção diferencial de transformadores de relativa complexidade, e mostra a potencialidade do Sistema Especialista desenvolvido para a elaboração de programas de ensaio de injeção de corrente.

Pode-se observar, conforme mostrado na descrição do Sistema Especialista, que são identificados os diversos locais para a instalação de aterramento temporário, bem como para a instalação da fonte de corrente, já que neste caso é necessário que o ensaio seja realizado em duas etapas, ou seja, com a fonte instalada no primário e no secundário do transformador de corrente auxiliar ligado em estrela-delta.

DIAGRAMA TRIFILAR

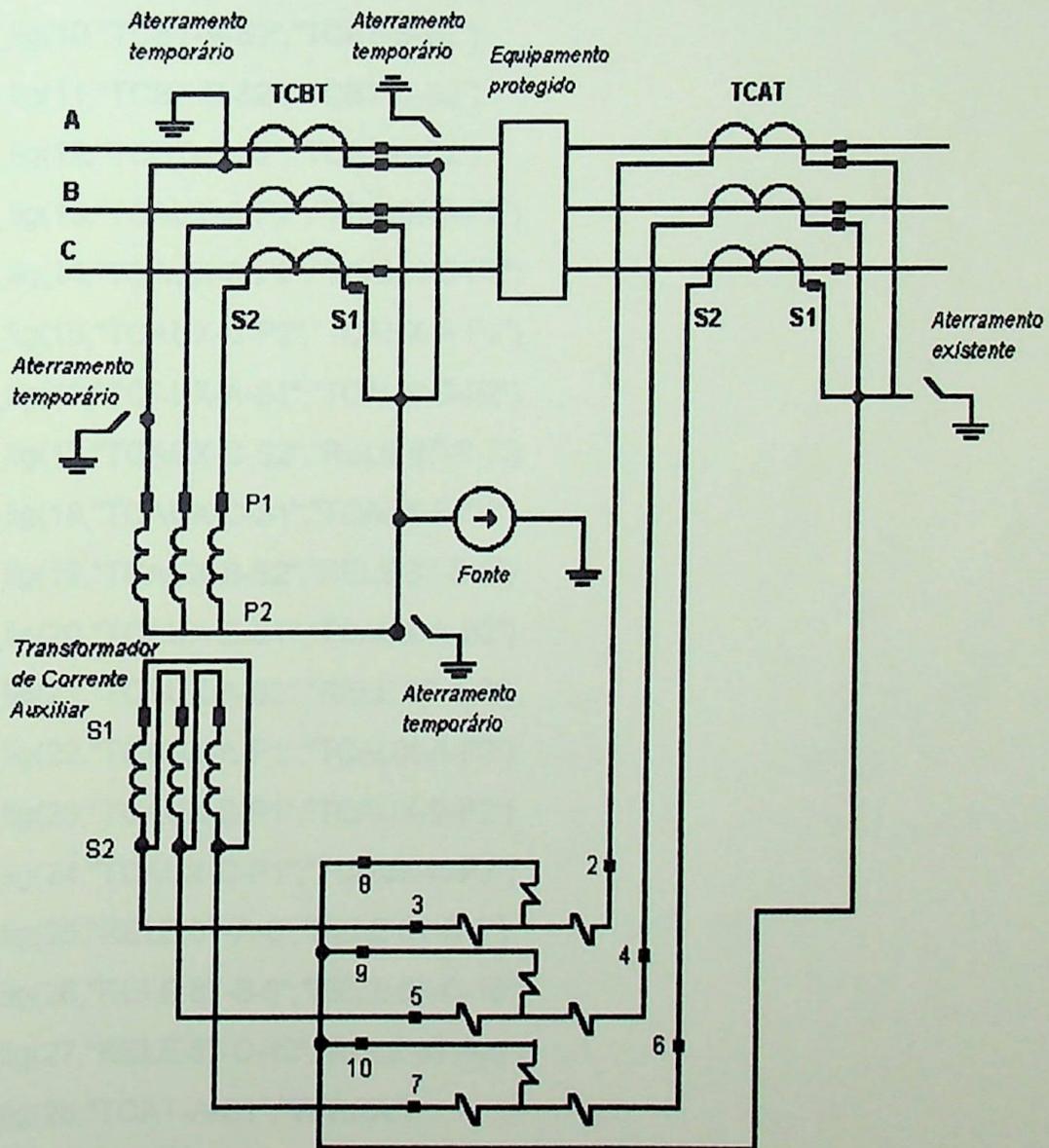


Figura 1 - Circuito de Corrente - Diagrama Trifilar de Proteção

1 **Dados do Circuito**

db_lig(1,"TCAT-A-S2","RELE 87-A-2")
db_lig(2,"TCAT-B-S2","RELE 87-B-4")
db_lig(3,"TCAT-C-S2","RELE 87-C-6")
db_lig(4,"TCAT-A-S1","RELE 87-A-8")
db_lig(5,"TCAT-B-S1","RELE 87-B-9")
db_lig(6,"TCAT-C-S1","RELE 87-C-10")
db_lig(7,"TCBT-A-S1","TCAUX-A-P1")
db_lig(8,"TCBT-B-S1","TCAUX-B-P1")
db_lig(9,"TCBT-C-S1","TCAUX-C-P1")
db_lig(10,"TCBT-A-S2","TCBT-B-S2")
db_lig(11,"TCBT-B-S2","TCBT-C-S2")
db_lig(12,"TCBT-C-S2","TCBT-A-S2")
db_lig(13,"TCAUX-A-P2","TCAUX-B-P2")
db_lig(14,"TCAUX-B-P2","TCAUX-C-P2")
db_lig(15,"TCAUX-C-P2","TCAUX-A-P2")
db_lig(16,"TCAUX-A-S1","TCAUX-C-S2")
db_lig(17,"TCAUX-C-S2","RELE 87-C-7")
db_lig(18,"TCAUX-C-S1","TCAUX-B-S2")
db_lig(19,"TCAUX-B-S2","RELE 87-B-5")
db_lig(20,"TCAUX-B-S1","TCAUX-A-S2")
db_lig(21,"TCAUX-A-S2","RELE 87-A-3")
db_lig(22,"TCAUX-A-P1","TCAUX-A-P2")
db_lig(23,"TCAUX-B-P1","TCAUX-B-P2")
db_lig(24,"TCAUX-C-P1","TCAUX-C-P2")
db_lig(25,"RELE 87-A-8","RELE 87-B-9")
db_lig(26,"RELE 87-B-9","RELE 87-C-10")
db_lig(27,"RELE 87-C-10","RELE 87-A-8")
db_lig(28,"TCAT-A-S1","TERRA")

2 Programa de Testes

2.1 Preparação do Circuito :

- ◆ Desconectar a ligação: TCAT-A-S1TERRA

2.2 Execução do Teste:

- ◆ Instalar Fonte de Corrente em: :TCAUX-A-P2

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCBT-A-S1

Verificar a Circulacao de Corrente em:

["TCBT-A-S1","TCAUX-A-P1","TCAUX-A-P2","FONTE"]

["TCAUX-A-S1","TCAUX-C-S2","RELE 87-C-7","RELE 87-C-10","RELE 87-A-8","RELE 87-A-3","TCAUX-A-S2"]

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCBT-A-S2

Verificar a Circulacao de Corrente em:

["TCBT-A-S2","FONTE"]

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-A-P1

Verificar a Circulacao de Corrente em:

["TCAUX-A-P1","TCAUX-A-P2","FONTE"]

["TCAUX-A-S1","TCAUX-C-S2","RELE 87-C-7","RELE 87-C-10","RELE 87-A-8","RELE 87-A-3","TCAUX-A-S2"]

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-A-P2

Verificar a Circulacao de Corrente em:

["TCAUX-A-P2","FONTE"]

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCBT-B-S1

Verificar a Circulacao de Corrente em:

["TCBT-B-S1","TCAUX-B-P1","TCAUX-B-P2","FONTE"]

["TCAUX-B-S1","TCAUX-A-S2","RELE 87-A-3","RELE 87-A-8","RELE 87-B-9","RELE 87-B-5","TCAUX-B-S2"]

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCBT-B-S2

Verificar a Circulacao de Corrente em:

["TCBT-B-S2","FONTE"]

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-B-P1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-B-P1","TCAUX-B-P2","FONTE"]
["TCAUX-B-S1","TCAUX-A-S2","RELE 87-A-3","RELE 87-A-8","RELE 87-B-9","RELE 87-B-5","TCAUX-B-S2"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-B-P2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-B-P2","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCBT-C-S1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCBT-C-S1","TCAUX-C-P1","TCAUX-C-P2","FONTE"]
["TCAUX-C-S1","TCAUX-B-S2","RELE 87-B-5","RELE 87-B-9","RELE 87-C-10","RELE 87-C-7","TCAUX-C-S2"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCBT-C-S2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCBT-C-S2","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-C-P1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-C-P1","TCAUX-C-P2","FONTE"]
["TCAUX-C-S1","TCAUX-B-S2","RELE 87-B-5","RELE 87-B-9","RELE 87-C-10","RELE 87-C-7","TCAUX-C-S2"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-C-P2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-C-P2","FONTE"]
- ◆ **Instalar Fonte de Corrente em: :RELE 87-A-8**
 - Efetuar Aterramento Temporario em :TCAT-A-S1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAT-A-S1","RELE 87-A-8","FONTE"]
 - Efetuar Aterramento Temporario em :TCAT-A-S2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAT-A-S2","RELE 87-A-2","A","RELE 87-A-8","FONTE"]



- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAT-B-S1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAT-B-S1","RELE 87-B-9","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAT-B-S2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAT-B-S2","RELE 87-B-4","B","RELE 87-B-9","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAT-C-S1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAT-C-S1","RELE 87-C-10","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAT-C-S2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAT-C-S2","RELE 87-C-6","C","RELE 87-C-10","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :RELE 87-A-2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["RELE 87-A-2","A","RELE 87-A-8","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :RELE 87-A-3
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["RELE 87-A-3","A","RELE 87-A-8","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :RELE 87-B-4
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["RELE 87-B-4","B","RELE 87-B-9","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :RELE 87-B-5
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["RELE 87-B-5","B","RELE 87-B-9","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :RELE 87-C-6
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["RELE 87-C-6","C","RELE 87-C-10","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :RELE 87-C-7
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["RELE 87-C-7","C","RELE 87-C-10","FONTE"]

- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-A-S1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-A-S1","TCAUX-C-S2","RELE 87-C-7","C","RELE 87-C-10","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-A-S2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-A-S2","RELE 87-A-3","A","RELE 87-A-8","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-B-S1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-B-S1","TCAUX-A-S2","RELE 87-A-3","A","RELE 87-A-8","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-B-S2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-B-S2","RELE 87-B-5","B","RELE 87-B-9","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-C-S1
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-C-S1","TCAUX-B-S2","RELE 87-B-5","B","RELE 87-B-9","FONTE"]
- Efetuar Aterramento Temporario em :TCAUX-C-S2
Verificar a Circulacao de Corrente em:
["TCAUX-C-S2","RELE 87-C-7","C","RELE 87-C-10","FONTE"]

2.3 Normalização do Circuito:

- ◆ Reconectar a ligacao: TCAT-A-S1TERRA
- ◆ Retirar a Fonte de Corrente instalada para os testes

FINAL DA PLANILHA DE ENSAIOS

ANEXO 04

**SISTEMA ESPECIALISTA
PARA AUTOMATIZAÇÃO DE ENSAIOS
DE APLICAÇÃO DE POTENCIAL
EM CIRCUITOS DE PROTEÇÃO**

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Apresentamos um exemplo de utilização do Sistema Especialista para a programação do ensaio de aplicação de potencial para um circuito de proteção abrangendo relés de sobrecorrente direcional (67), de sobretensão (59) e de subtensão (27).

DIAGRAMA TRIFILAR

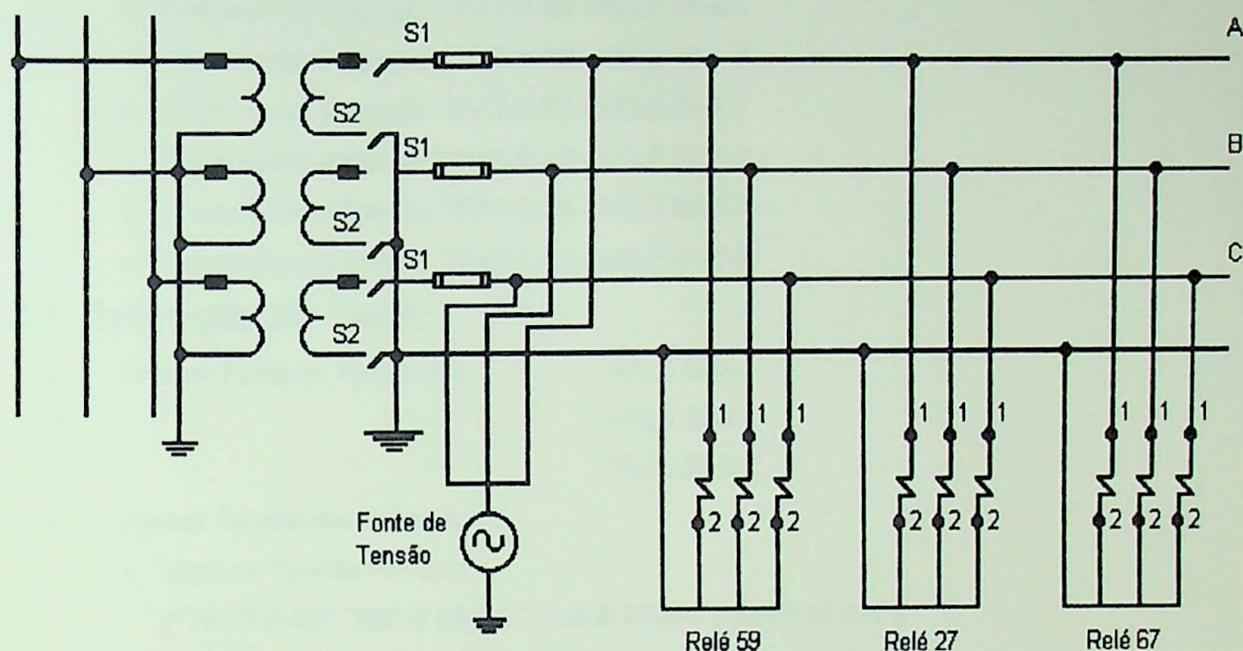


Figura 1 - Circuito de Potencial - Diagrama Trifilar de Proteção

1 Dados do Circuito

```
db_lig(1,"TPAT-A-S1","RELE 59-A-1")
db_lig(2,"RELE 59-A-1","RELE 27-A-1")
db_lig(3,"RELE 27-A-1","RELE 67-A-1")
db_lig(4,"TPAT-B-S1","RELE 59-B-1")
db_lig(5,"RELE 59-B-1","RELE 27-B-1")
db_lig(6,"RELE 27-B-1","RELE 67-B-1")
db_lig(7,"TPAT-C-S1","RELE 59-C-1")
db_lig(8,"RELE 59-C-1","RELE 27-C-1")
db_lig(9,"RELE 27-C-1","RELE 67-C-1")
db_lig(10,"TPAT-A-S2","RELE 59-A-2")
db_lig(11,"RELE 59-A-2","RELE 27-A-2")
db_lig(12,"RELE 27-A-2","RELE 67-A-2")
db_lig(13,"TPAT-B-S2","RELE 59-B-2")
db_lig(14,"RELE 59-B-2","RELE 27-B-2")
db_lig(15,"RELE 27-B-2","RELE 67-B-2")
db_lig(16,"TPAT-C-S2","RELE 59-C-2")
```

```
db_lig(17,"RELE 59-C-2","RELE 27-C-2")
db_lig(18,"RELE 27-C-2","RELE 67-C-2")
db_lig(19,"TPAT-A-S2","TPAT-B-S2")
db_lig(20,"TPAT-B-S2","TPAT-C-S2")
db_lig(21,"TPAT-C-S2","TPAT-A-S2")
db_lig(22,"TPAT-C-S2","TERRA")
db_lig_rele(1,"RELE 59-A-1","RELE 59-A-2")
db_lig_rele(2,"RELE 59-B-1","RELE 59-B-2")
db_lig_rele(3,"RELE 59-C-1","RELE 59-C-2")
db_lig_rele(4,"RELE 27-A-1","RELE 27-A-2")
db_lig_rele(5,"RELE 27-B-1","RELE 27-B-2")
db_lig_rele(6,"RELE 27-C-1","RELE 27-C-2")
db_lig_rele(7,"RELE 67-A-1","RELE 67-A-2")
db_lig_rele(8,"RELE 67-B-1","RELE 67-B-2")
db_lig_rele(9,"RELE 67-C-1","RELE 67-C-2")
```

2 Programa de Testes

2.1 Preparação do Circuito :

- Desconectar a ligação: TPAT-C-S2 - TERRA
- Desconectar a ligação: TPAT-A-S1 - RELE 59-A-1
- Desconectar a ligação: TPAT-A-S2 - RELE 59-A-2
- Desconectar a ligação: TPAT-B-S1 - RELE 59-B-1
- Desconectar a ligação: TPAT-B-S2 - RELE 59-B-2
- Desconectar a ligação: TPAT-C-S1 - RELE 59-C-1
- Desconectar a ligação: TPAT-C-S2 - RELE 59-C-2

2.2 Execução do Teste:

- ◆ Instalar Fonte de Tensão em: RELE 59-A-1
RELE 59-B-1
RELE 59-C-1
- ◆ Aplicar Tensão nas Fases A e B
 - Verificar Tensão Plena em:
["TPAT-A-S1","RELE 59-A-1","RELE 27-A-1","RELE 67-A-1"]
["TPAT-B-S1","RELE 59-B-1","RELE 27-B-1","RELE 67-B-1"]
 - Verificar Tensão reduzida em:
["TPAT-C-S1","RELE 59-C-1","RELE 27-C-1","RELE 67-C-1"]
- ◆ Aplicar Tensão nas fases A e C
 - Verificar Tensão Plena em:
["TPAT-A-S1","RELE 59-A-1","RELE 27-A-1","RELE 67-A-1"]
["TPAT-C-S1","RELE 59-C-1","RELE 27-C-1","RELE 67-C-1"]
 - Verificar Tensão reduzida em:
["TPAT-B-S1","RELE 59-B-1","RELE 27-B-1","RELE 67-B-1"]
- ◆ Aplicar Tensão nas fases B e C
 - Verificar Tensão Plena em:
["TPAT-B-S1","RELE 59-B-1","RELE 27-B-1","RELE 67-B-1"]
["TPAT-C-S1","RELE 59-C-1","RELE 27-C-1","RELE 67-C-1"]
 - Verificar Tensão reduzida em:
["TPAT-A-S1","RELE 59-A-1","RELE 27-A-1","RELE 67-A-1"]

2.3 Normalização do Circuito:

- Reconectar a ligação: TPAT-C-S2 - TERRA
- Reconectar a ligação: TPAT-A-S1 - RELE 59-A-1
- Reconectar a ligação: TPAT-A-S2 - RELE 59-A-2
- Reconectar a ligação: TPAT-B-S1 - RELE 59-B-1
- Reconectar a ligação: TPAT-B-S2 - RELE 59-B-2
- Reconectar a ligação: TPAT-C-S1 - RELE 59-C-1
- Reconectar a ligação: TPAT-C-S2 - RELE 59-C-2
- Retirar a Fonte de Tensão instalada para os testes

FINAL DA PLANILHA DE ENSAIOS



