



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO

PEA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ENERGIA E AUTOMAÇÃO ELÉTRICAS

Eduardo Poleze, Deinar Mercaldi Rafani, Marcos Yukio Yamaguchi

Prof. Dr. Carlos Frederico Meschini, Prof. Dr. Cícero Couto de Moraes

LABORATÓRIO DE ELETROTÉCNICA GERAL

EXPERIMENTO: DISPOSITIVOS DE COMANDO

Aluno

Nº. USP

1. INTRODUÇÃO

Um dos objetivos das instalações elétricas de potência é permitir o acionamento de diversos equipamentos instalados em uma área a partir de um ou mais centros de comando. Para isso, os requisitos descritos abaixo precisam ser cumpridos:

- Permitir ao operador do sistema o acionamento e o desligamento dos equipamentos à distância, de forma segura e eficiente;
- Permitir ao operador saber em que estado se encontra cada equipamento ou circuito controlado (e.g.: ligado, desligado ou em falha)

Uma solução seria fazer todos os circuitos que alimentam os equipamentos passarem pelo centro de comando, onde estariam as chaves de acionamento de cada um deles. No entanto, essa solução apresenta os problemas citados a seguir:

- Necessidade de investimento em longos circuitos de alimentação de alta capacidade de corrente (de maior seção transversal e, portanto, mais caros);
- Maiores perdas por efeito Joule devido prolongamento dos circuitos;
- Maior queda de tensão nas linhas;
- Limitações operacionais, como o impedimento de acionamento ou desligamento de um equipamento de locais diferentes e a dificuldade de implementar vínculos lógicos para o funcionamento dos equipamentos (**intertravamentos**).

Deste modo, uma abordagem melhor seria, de alguma forma, minimizar o tamanho dos circuitos de alimentação (de alta potência, custosos), e usar um **circuito de comando** (de baixa potência) para realizar o acionamento e o desligamento dos equipamentos à distância. Essa implementação é possível por meio do uso de **contatores** e outros **dispositivos de comando**, que serão explicados a seguir:

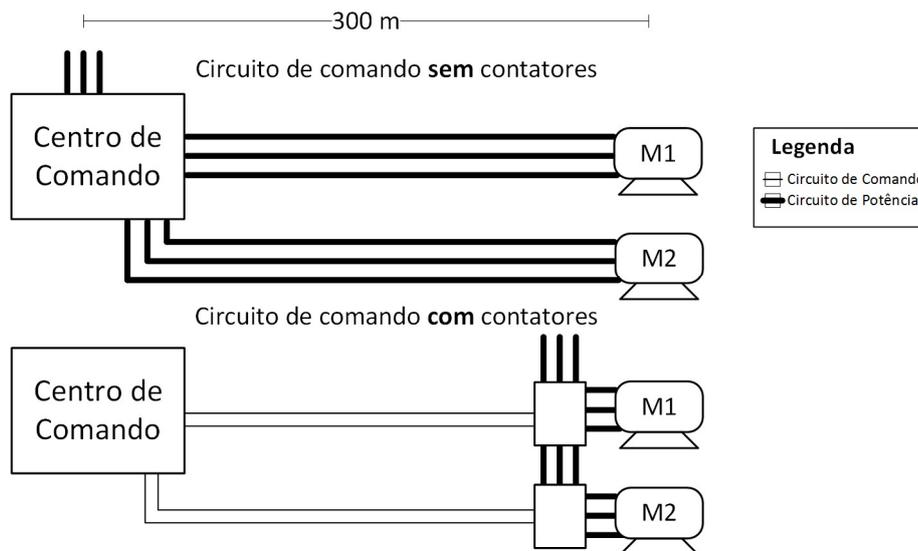


Figura 1 – Comparativo entre instalações de comando a distância com e sem o emprego de contadores.

1.1.Contadores

De maneira simplificada, contadores são formados por um conjunto de chaves eletromecânicas (ou contatos) acionadas por um eletroímã. A energização da bobina do eletroímã requer baixa potência, o que permite a realização de acionamentos a distância por meio de um **circuito de comando**. A implementação de instalações com contadores apresenta as vantagens descritas abaixo:

- Minimização do tamanho dos circuitos de alimentação (potência) dos equipamentos. Apesar da necessidade de introduzir circuitos de comando para a energização das bobinas dos contadores, estes possuem baixa potência e demandam condutores mais finos e de baixo custo;
- Menores perdas por efeito Joule e quedas de tensão nas linhas;
- Maior facilidade na implementação de sistemas com vários pontos de acionamento;
- Maior facilidade na implementação de intertravamentos;
- Maior facilidade na implementação de circuitos de sinalização.

Os contatos de um contador podem ser do tipo Normalmente Aberto (“NA”) ou Normalmente Fechado (“NF”). Seu comportamento, baseado no estado da bobina do contador, é descrito na tabela a seguir:

Tabela 1 – Descrição do comportamento dos contatos.

Tipo	Bobina Desenergizada (Normal)	Bobina Energizada
Normalmente Aberto (“NA”)	Circuito Aberto	Circuito Fechado
Normalmente Fechado (“NF”)	Circuito Fechado	Circuito Aberto

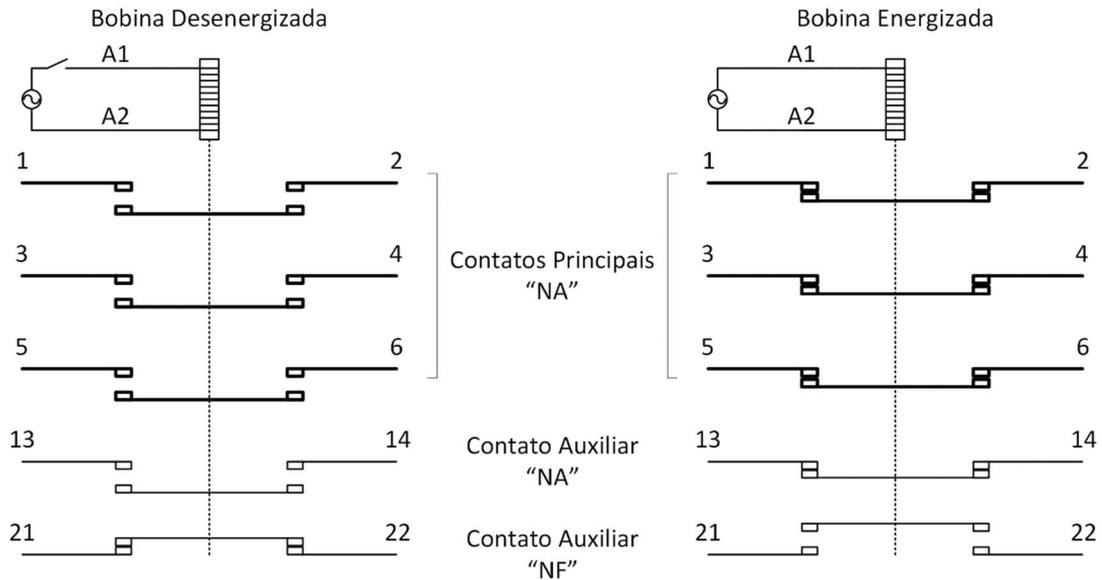


Figura 2 – Esquema de funcionamento de um contator.

Os **contatos** podem ser classificados ainda como **Principais**, que são dimensionados para uso nos circuitos de potência, ou **Auxiliares**, que são dimensionados para uso nos circuitos de comando e sinalização, conforme representado no diagrama a seguir:

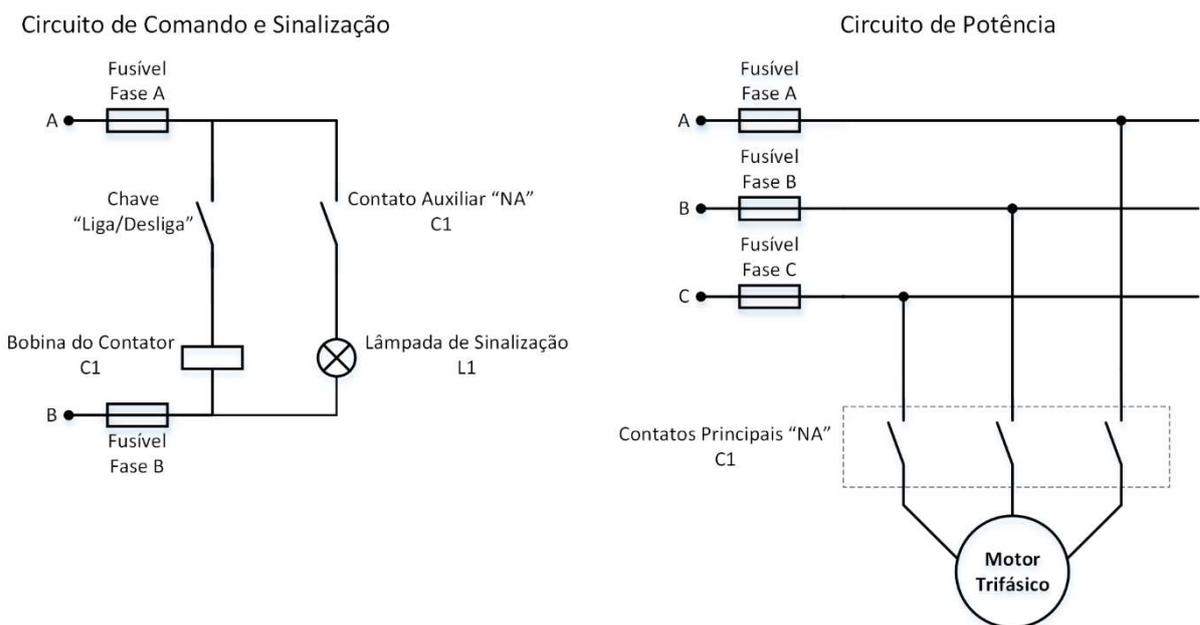


Figura 3 – Representação de circuitos de comando/sinalização e de potência empregando contadores.

1.2. Botoeiras

As botoeiras são dispositivos de comando manuais usados pelos operadores para realizar o acionamento das cargas. Assim como os contadores, as botoeiras podem ser do tipo “NA” e “NF”.

Tabela 2 – Descrição do comportamento das botoeiras.

Tipo	Botão Liberado (Normal)	Botão Pressionado
Normalmente Aberto (“NA”)	Circuito Aberto	Circuito Fechado
Normalmente Fechado (“NF”)	Circuito Fechado	Circuito Aberto

Ao se empregar botoeiras para habilitar ou desabilitar a energização da bobina de um contator, é necessário fazer o **selo**. Essa conexão, representada no circuito de comando ao lado, tem a função de impedir o desligamento da carga, uma vez que, ao ser liberado, o botão “NA” provoca a abertura do circuito. A bobina do contator é desenergizada ao se pressionar o botão “NF”.

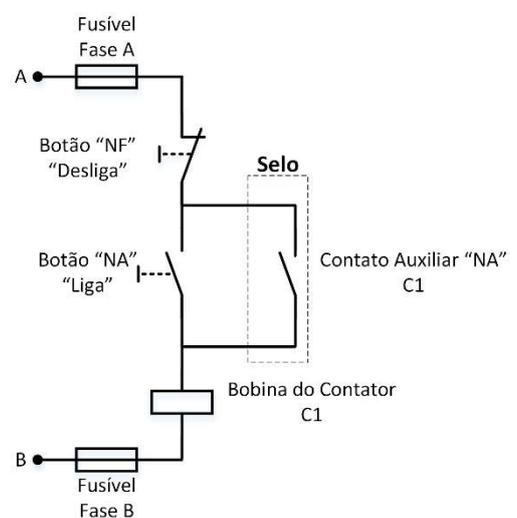


Figura 4 – Esquema de ligação do contato de selo.

1.3. Outros dispositivos de comando

- **Relés de proteção (relés térmicos):** São dispositivos de proteção que monitoram a corrente nos contatos principais do contator. Em caso de sobrecorrente no circuito de potência, ocorre o aquecimento do par bimetálico do relé de proteção, o que acarreta a abertura dos seus contatos auxiliares.

É possível usar o contato auxiliar “NF” do relé de proteção para desligar a carga em caso de sobrecorrente, colocando-o em série no circuito de comando, conforme representado no diagrama abaixo:

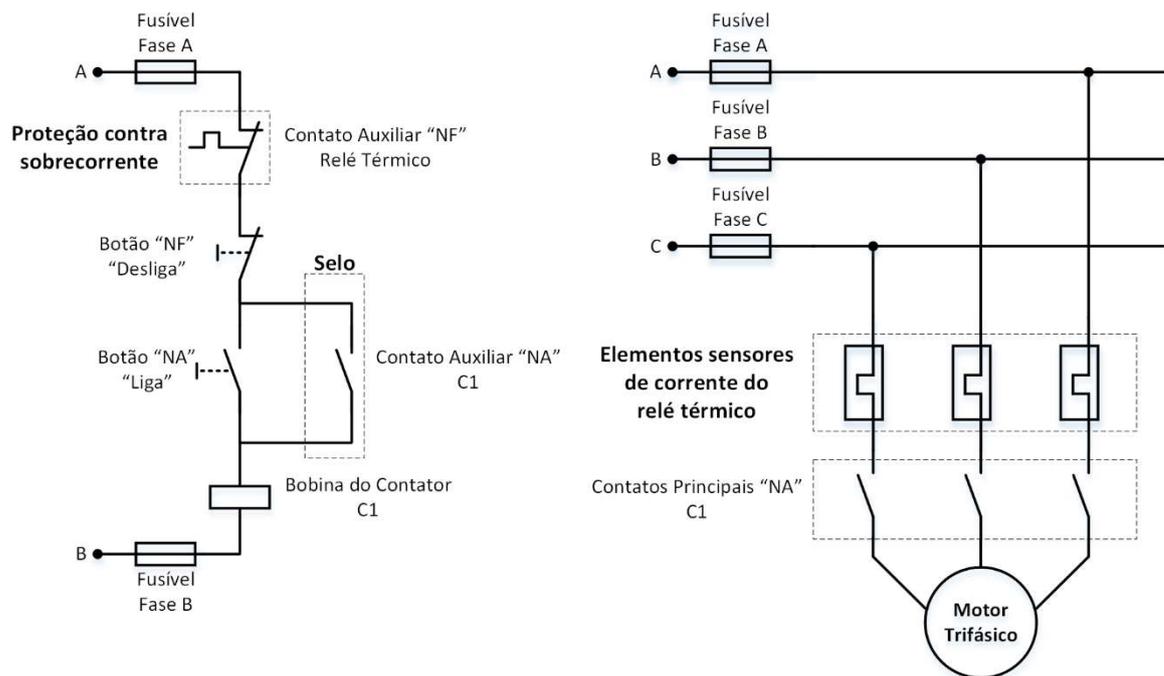


Figura 5 – Esquema de ligação dos circuitos de comando/sinalização e de potência empregando proteção para sobrecorrente na carga.

Em geral, é possível configurar a corrente máxima permitida no circuito de potência. Além disso, uma característica desses dispositivos é que, caso ocorra a abertura dos contatos por sobrecorrente, só será possível religar a carga após o resfriamento do par bimetálico.

- **Relés temporizadores:** São dispositivos que, ao serem energizados no circuito de comando, realizam o chaveamento dos seus contatos após o tempo configurado.

1.4. Diagramas elétricos

Os circuitos de comando e potência são representados por meio de diagramas elétricos. A simbologia usada nos diagramas elétricos é apresentada a seguir:

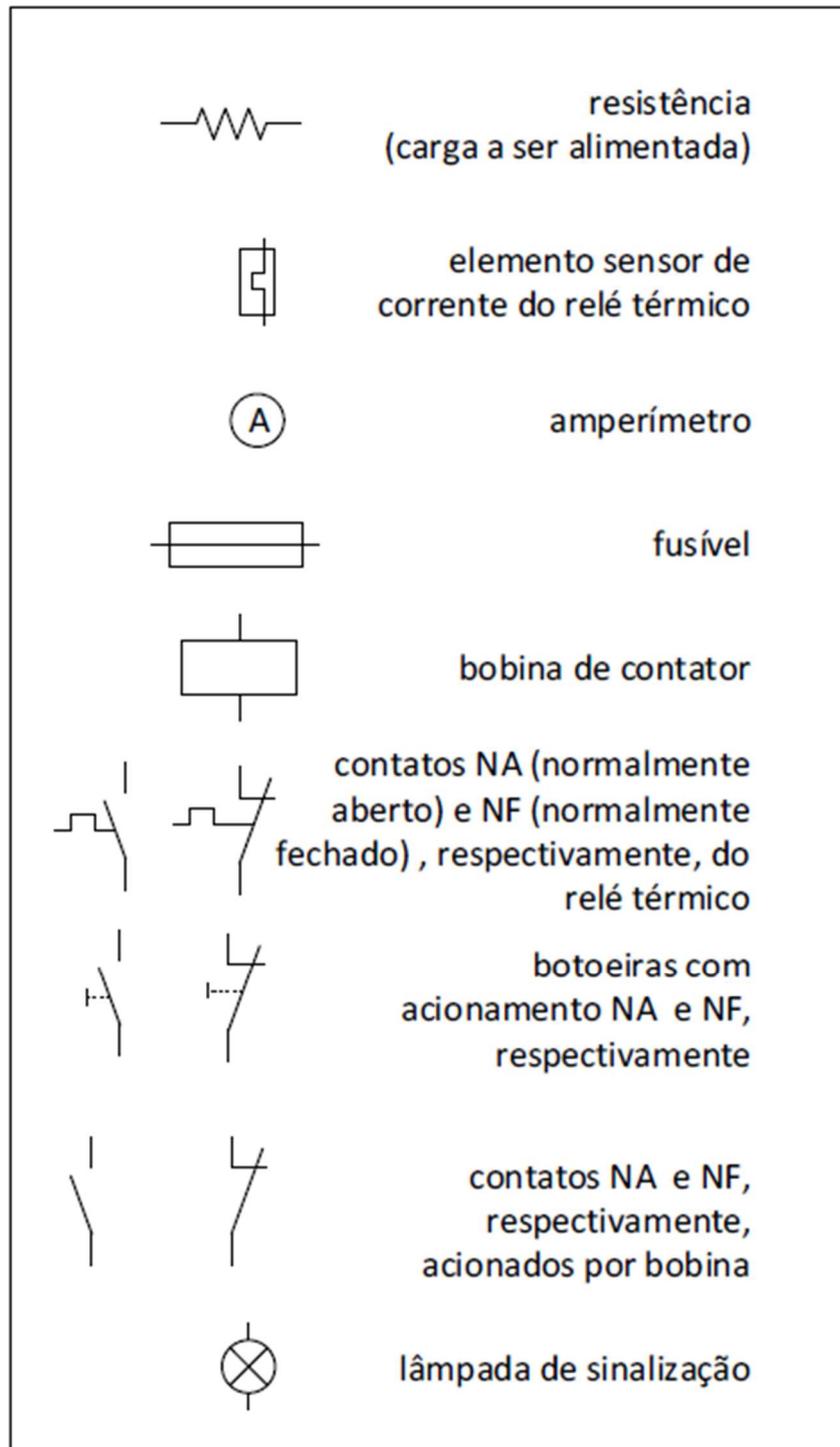


Figura 6 – Simbologia empregada em diagramas elétricos.

2. OBJETIVOS

Essa atividade experimental tem como objetivo apresentar:

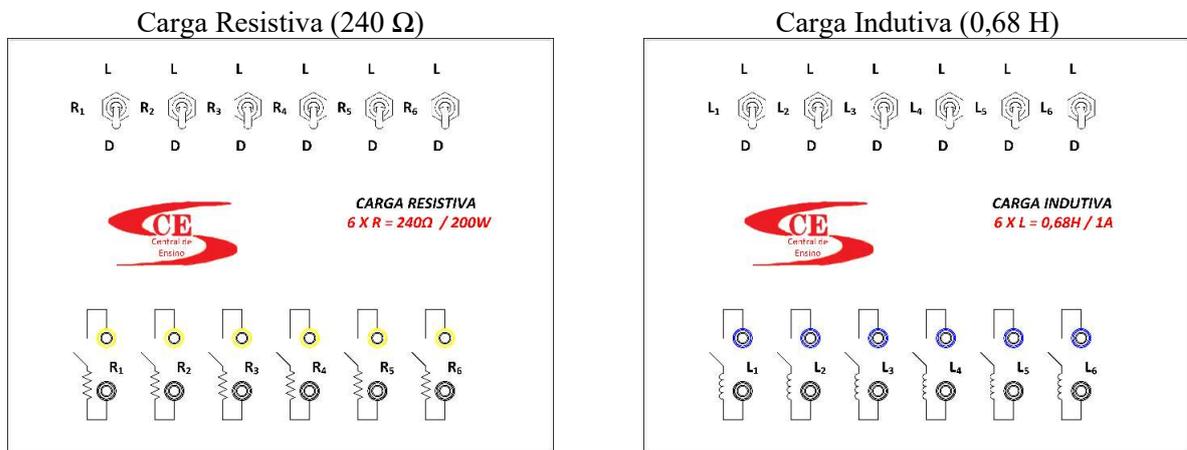
- 1) Os conceitos fundamentais relacionados a circuitos de comando e sinalização para acionamento de cargas à distância;
- 2) O funcionamento de dispositivos de comando e proteção (contatores, relés térmicos e relés temporizadores);
- 3) A simbologia usada para descrever circuitos de potência e circuitos de comando;
- 4) O funcionamento de circuitos de comando/sinalização e de potência.

Após conclusão deste relatório, o aluno deverá ser capaz de:

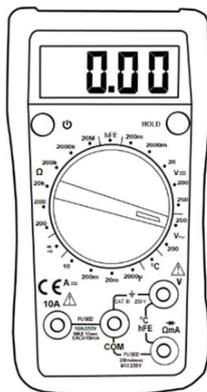
- 1) Compreender o funcionamento dos dispositivos de comando apresentados;
- 2) Compreender a simbologia utilizada para a representação de dispositivos de comando em diagramas elétricos;
- 3) Projetar circuitos de comando e sinalização simples.

3. MATERIAIS

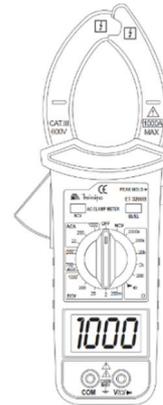
Os equipamentos usados nesta atividade experimental estão listados a seguir:



Multímetro Minipa ET-1100A



Amperímetro Alicete Minipa ET-3111



Kit Didático – Partidas Diversas de Motores

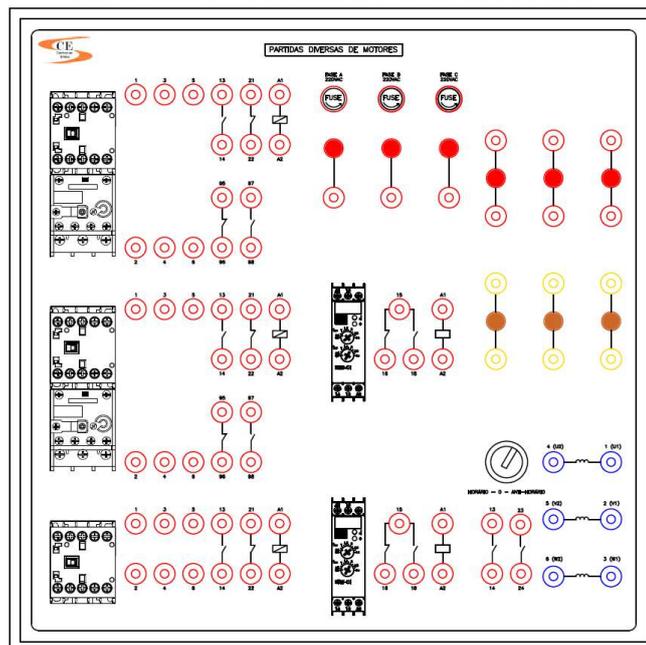


Figura 7 – Equipamentos utilizados na atividade experimental.

4. ROTEIRO DE LABORATÓRIO

4.1. Descrição dos elementos do kit didático

Localize na bancada e no kit didático disponibilizado para esse experimento, os elementos descritos a seguir:

- **Botoneiras:** Verificar o tipo de contato (“NA” ou “NF”) de cada um dos botões;
- **Contatores sem elemento térmico:** Verificar terminais das bobinas e dos contatos principais e auxiliares.

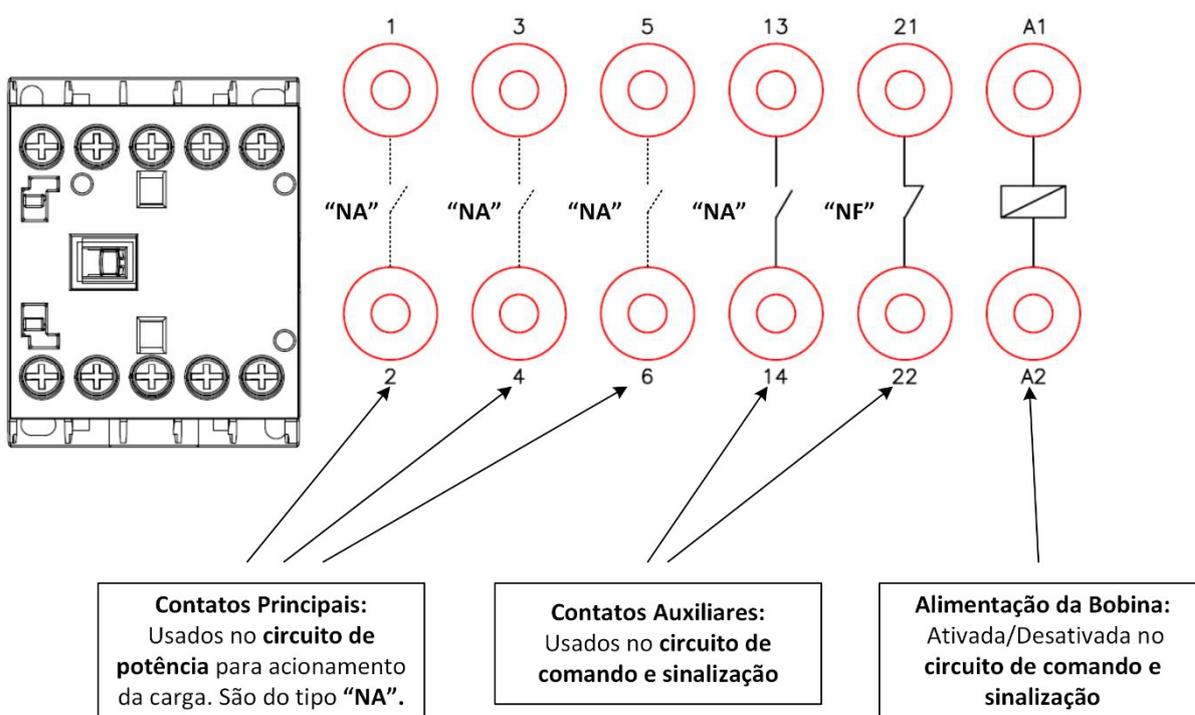


Figura 8 – Esquema do contator sem proteção contra sobrecorrente presente no kit didático.

- **Contatores com elemento térmico:** Verificar terminais da bobina e dos contatos principais e auxiliares;

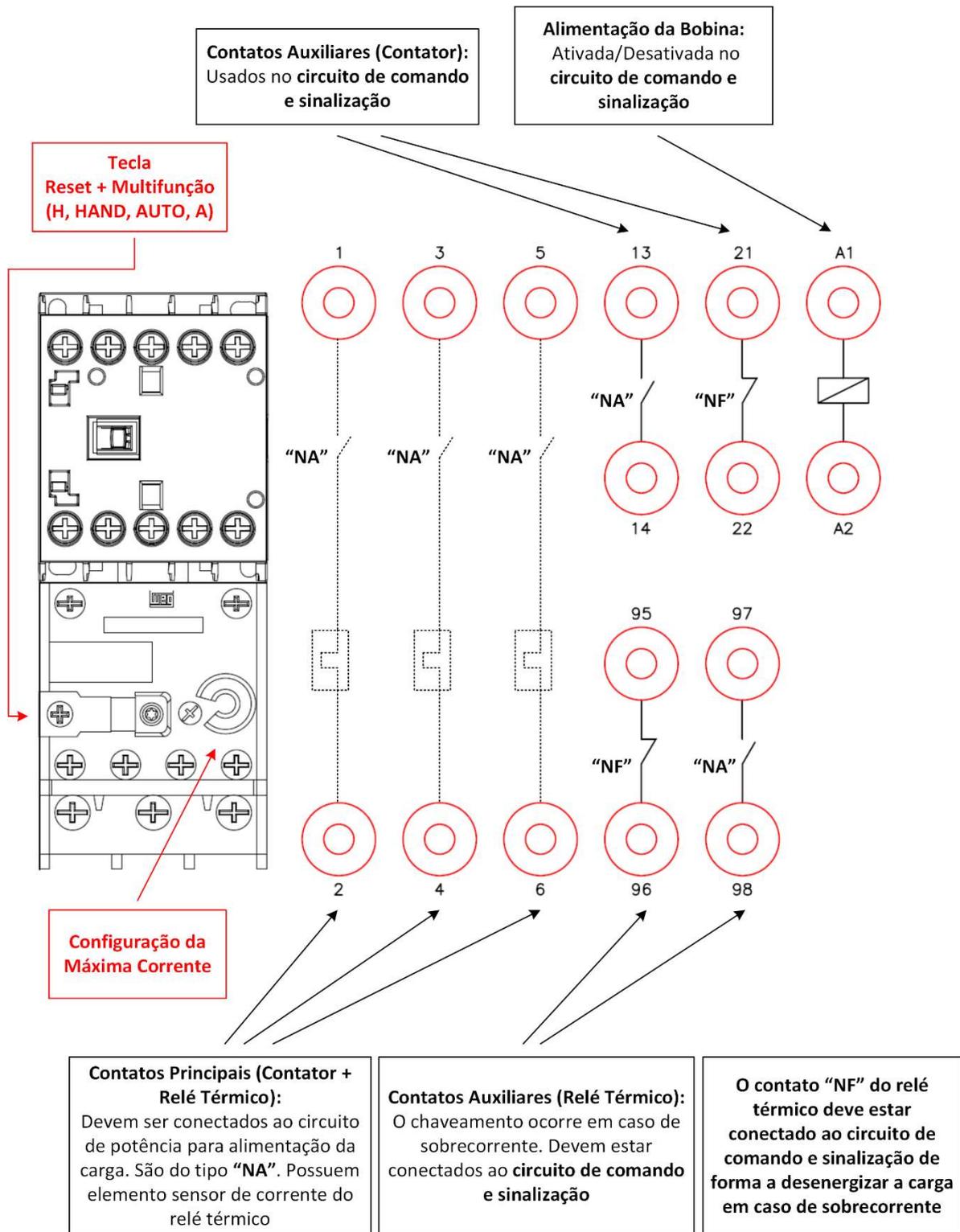


Figura 9 - Esquema do contator com relé de proteção contra sobrecarga presente no kit didático.

A configuração de máxima corrente pode ser realizada através de um dial localizado no dispositivo, com auxílio de uma chave Philips. Já tecla Reset + Multifunção permite configurar quatro modos de operação, descritos abaixo:

- **H** - O rearme do relé térmico é **manual**, ou seja, caso haja sobrecorrente e, por consequência o chaveamento dos contatos (desarme), é necessário pressionar a tecla Reset para que o circuito volte a condição normal de operação (rearme). Nessa configuração, **não é possível simular teste ou realizar o desarme** pressionando a tecla Reset.
- **HAND** - O rearme do relé térmico é **manual**, ou seja, caso haja sobrecorrente e, por consequência o chaveamento dos contatos (desarme), é necessário pressionar a tecla Reset para que o circuito volte a condição normal de operação (rearme). Nessa configuração, **é possível simular teste ou realizar o desarme** pressionando a tecla Reset.
- **AUTO** - O rearme do relé térmico é **automático**, ou seja, caso haja sobrecorrente e, por consequência o chaveamento dos contatos (desarme), o circuito voltará à condição normal de operação (rearme) automaticamente após resfriamento do par bimetálico. Nessa configuração, **é possível simular teste ou realizar o desarme** pressionando a tecla Reset.
- **A** - O rearme do relé térmico é **automático**, ou seja, caso haja sobrecorrente e, por consequência o chaveamento dos contatos (desarme), o circuito voltará à condição normal de operação (rearme) automaticamente após resfriamento do par bimetálico. Nessa configuração, **não é possível simular teste ou realizar o desarme** pressionando a tecla Reset.

- **Lâmpadas e seus terminais:** Verifique os terminais das lâmpadas que serão usadas para sinalização

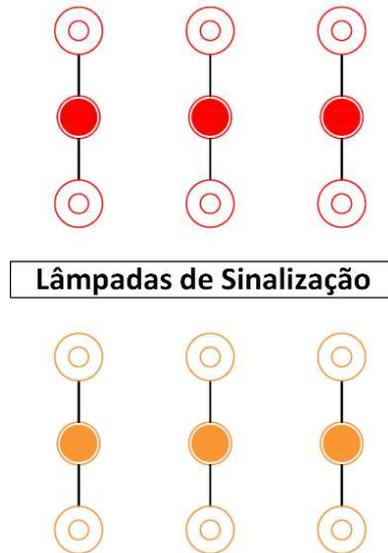


Figura 10 – Lâmpadas de sinalização presentes no kit didático.

- **Temporizador e seus terminais:** Verifique os terminais da bobina e dos contatos do relé temporizador.

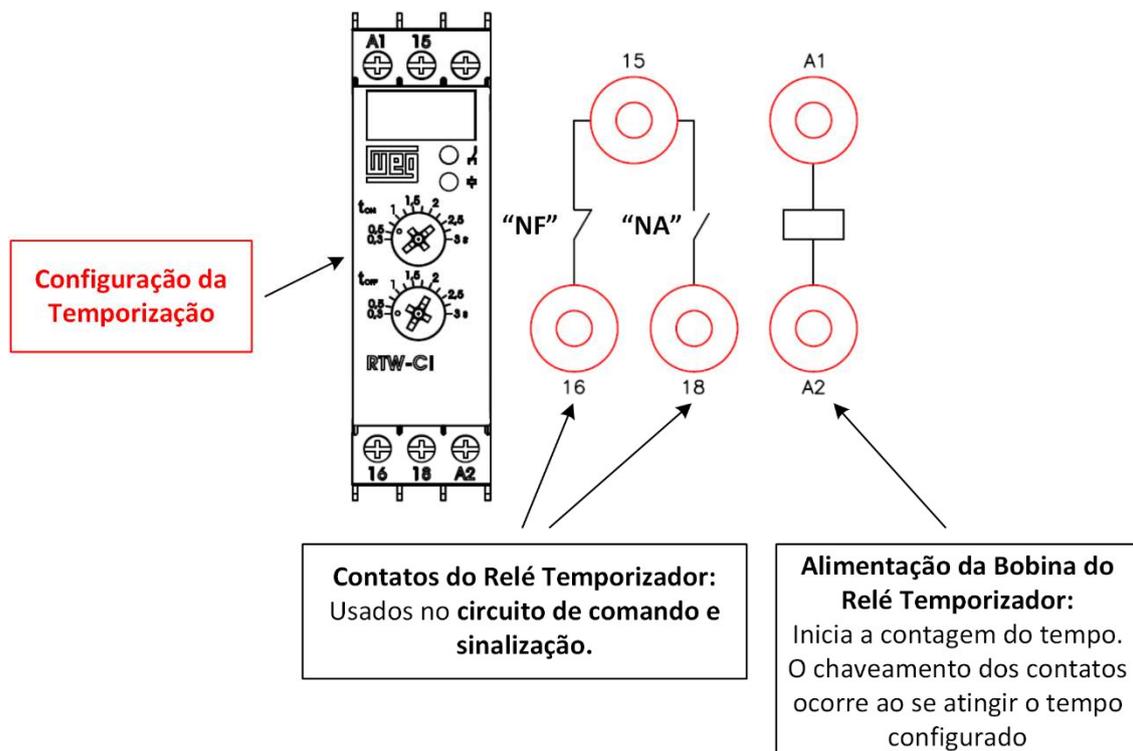


Figura 11 – Esquema do temporizador presente no kit didático.

A configuração do tempo de acionamento pode ser realizada através de um dial localizado no dispositivo, com auxílio de uma chave Philips.

4.2. Montagem do circuito de acionamento à distância com sinalização

O circuito a ser montado deverá contemplar o comando, à distância, para o acionamento das resistências de aquecimento de uma misturadora industrial, com proteção contra sobrecarga e sinalização. Deverão existir duas sinalizações luminosas independentes:

- A primeira deve indicar que o pré-aquecimento não está em marcha;
- A segunda deve indicar que houve sobrecarga motivando o desligamento das resistências.

Com base nos circuitos da Figura 12 e da Figura 13, localize na bancada cada um dos elementos que devem ser utilizados na montagem. Em seguida, siga atentamente os passos descritos a seguir:

Passo 1) Monte os **circuitos de comando e sinalização**, de acordo com a numeração anotada na Figura 12. Realize, através das botoeiras, os comandos de ligar e desligar e verifique o correto funcionamento do contator e da sinalização.

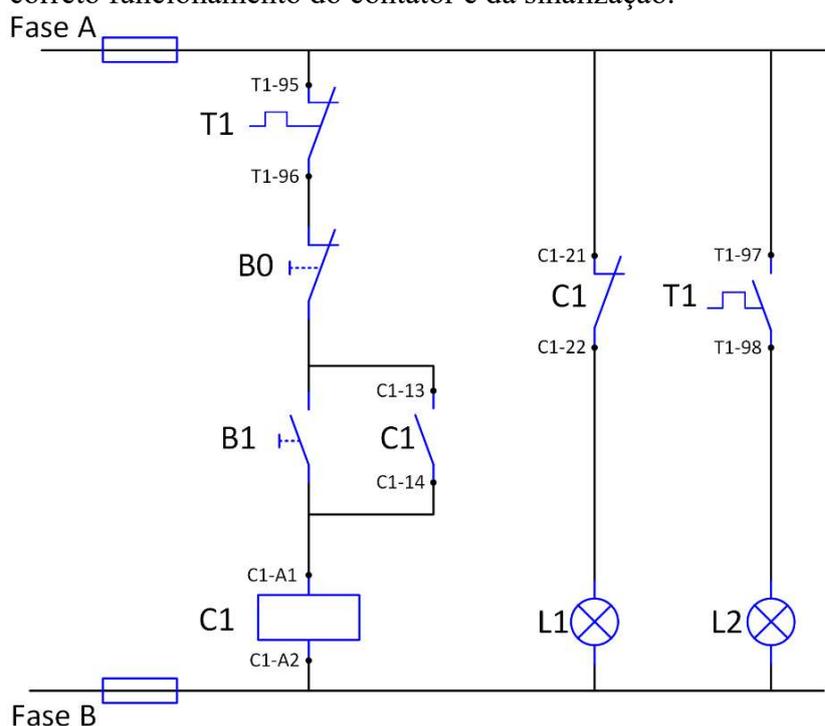


Figura 12 – Circuito de comando e sinalização a ser montado.

Passo 2) Monte agora o **circuito de potência**, observando a numeração anotada na Figura 13. Como carga, deve ser utilizada a caixa de resistências em ligação estrela-paralelo. Ajuste a corrente de atuação do elemento térmico para o valor mínimo de 2,8 A. Em seguida, realize o comando de ligar e meça a as correntes de linha que alimentam a caixa de resistências.

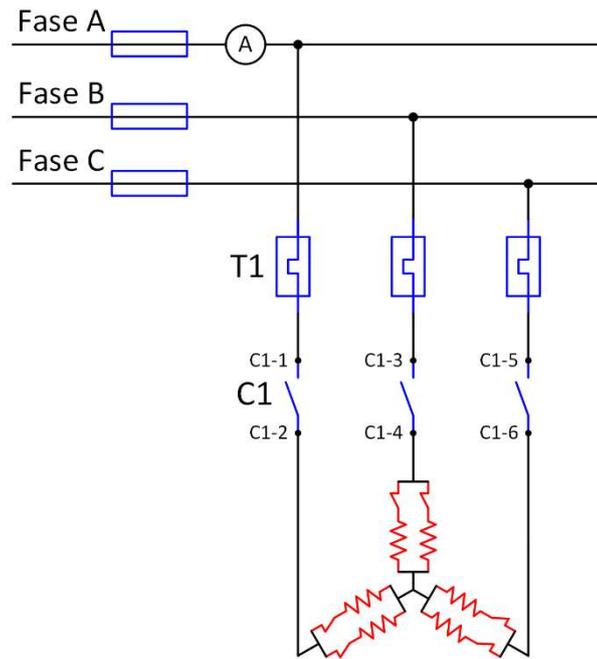


Figura 13 – Circuito de potência a ser montado.

OBS: Caso esteja com dúvidas a respeito das montagens solicitadas, você pode seguir o diagrama da Figura 14 como referência.

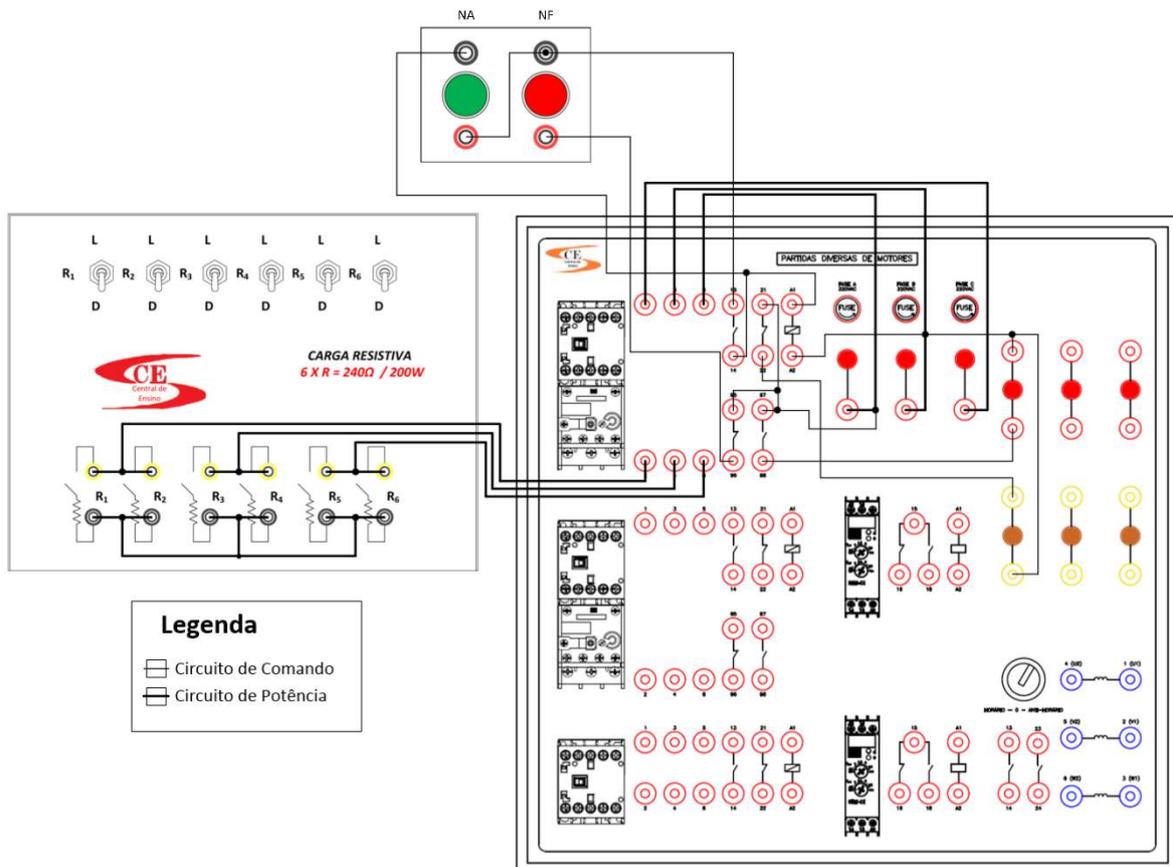


Figura 14 – Diagrama de montagem dos circuitos de potência e comando/sinalização.

Passo 3) Simule uma sobrecarga, ligando a caixa de indutâncias em paralelo com a caixa de resistências, conforme o circuito de potência modificado da Figura 15. Faça a ligação Δ -paralelo, descrita na Figura 16, com os elementos da carga indutiva. Efetue o comando de acionamento.

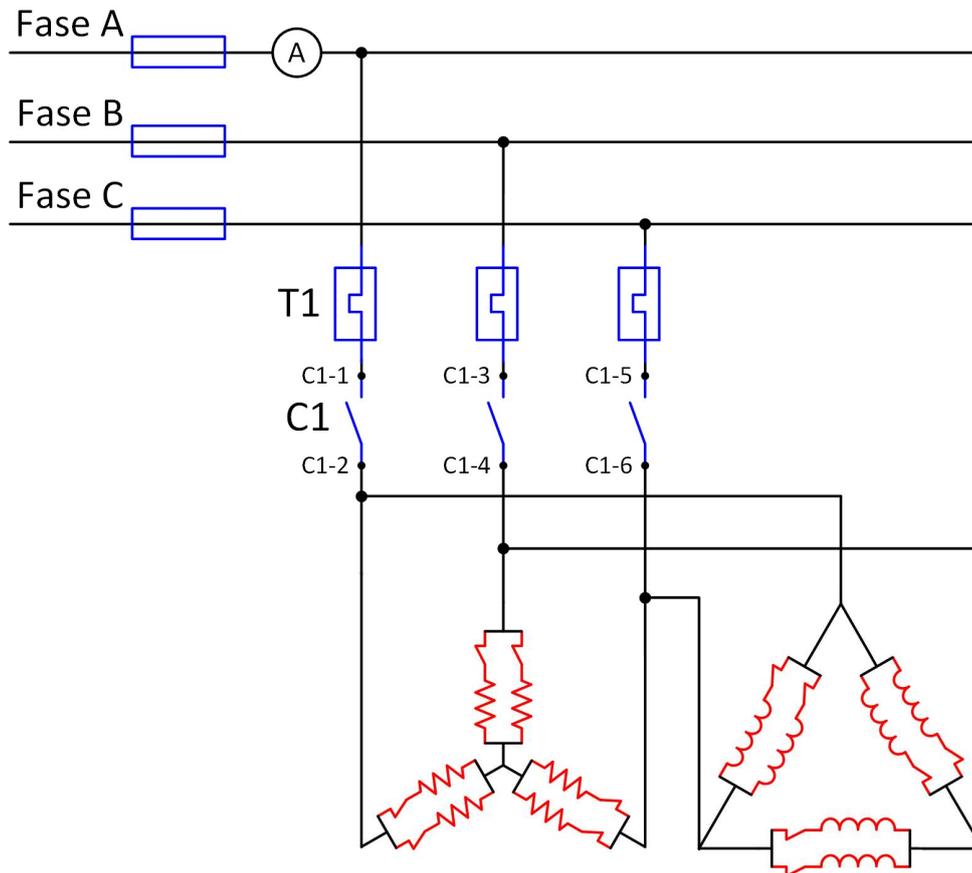


Figura 15 – Circuito de potência modificado para similar sobrecarga.

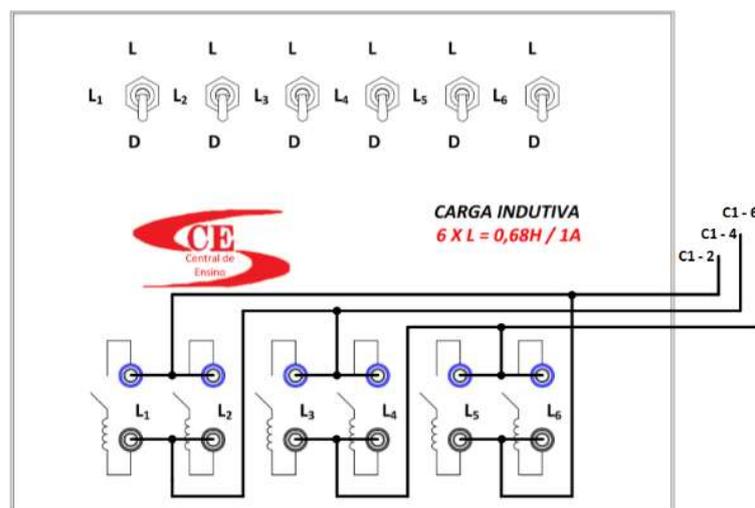


Figura 16 – Ligação Δ -paralelo dos elementos da carga indutiva.

Passo 4) Anote a corrente que alimenta a carga nessa nova situação e cronometre o tempo até o chaveamento do relé térmico. Verifique se está de acordo com a curva de atuação fornecida pelo fabricante.

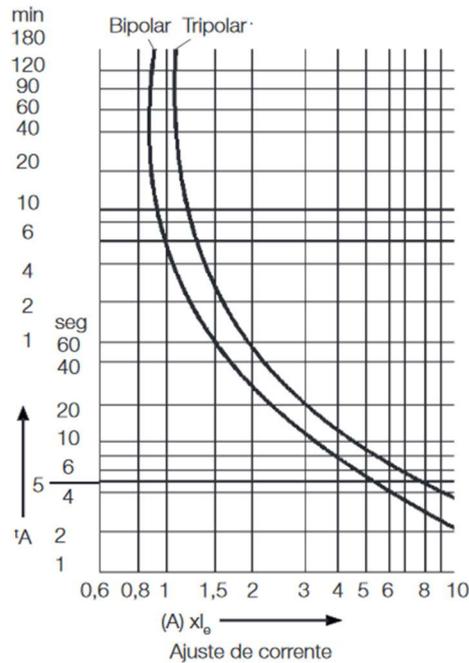


Figura 17 – Curva de atuação do relé térmico.

Atenção:

Não se esqueça de incluir as informações coletadas durante a experiência no relatório.

4.3. Análise de funcionamento de circuitos de potência, comando e sinalização

Analise os circuitos da Figura 18 e Figura 19 e, após discussão técnica entre o grupo, descreva, por escrito, o funcionamento dos diversos elementos após acionamento da botoeira B1, incluindo bobinas, resistência, motor trifásico ligado em Y (M) e as lâmpadas L1, L2, L3, L4. Posteriormente, inclua essa análise no relatório da experiência.

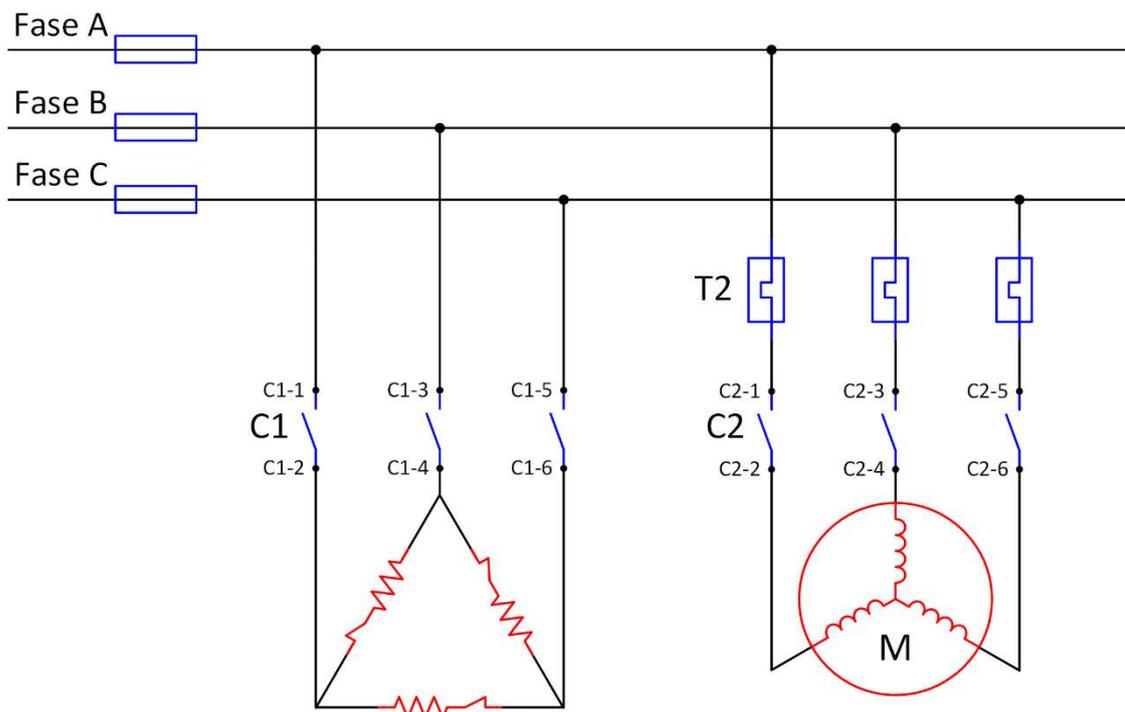


Figura 18 – Circuito para análise – potência.

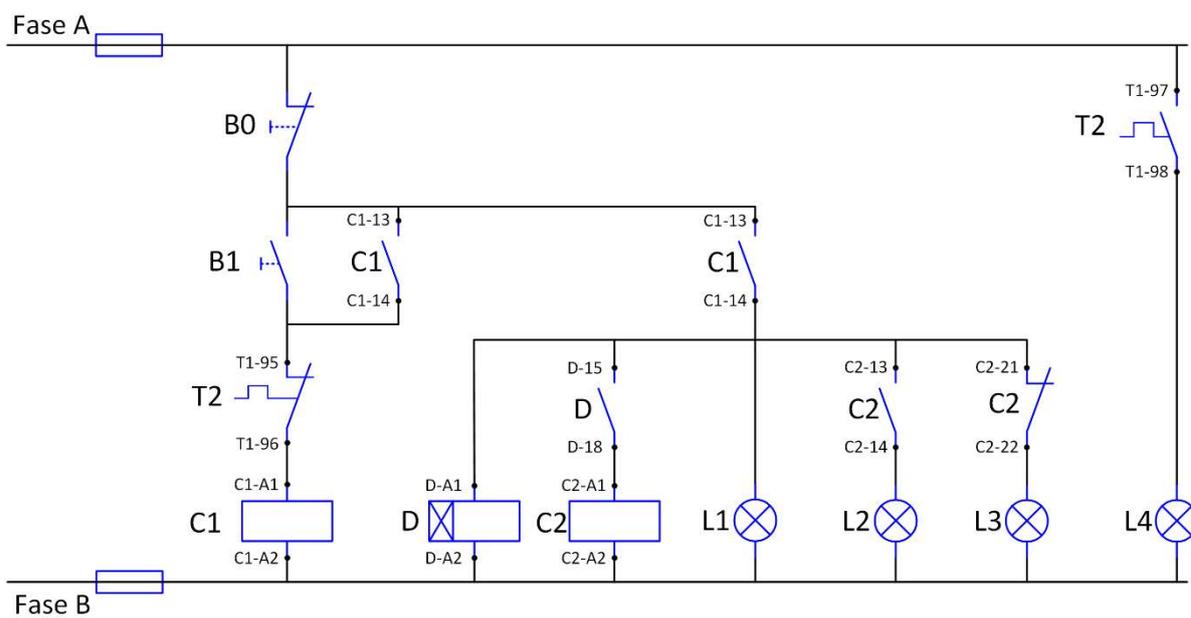


Figura 19 – Circuito para análise – comando e sinalização.

4.4. Verificação do funcionamento do circuito para acionamento de duas cargas com intertravamento e comando temporizado para a segunda carga

Execute a montagem dos circuitos da seção 4.3. Inicie pelo circuitos de comando e sinalização, verifique seu correto funcionamento e, em seguida, realize a montagem do circuito de potência. Caso esteja em dúvida a respeito das ligações, você pode seguir o diagrama da Figura 20

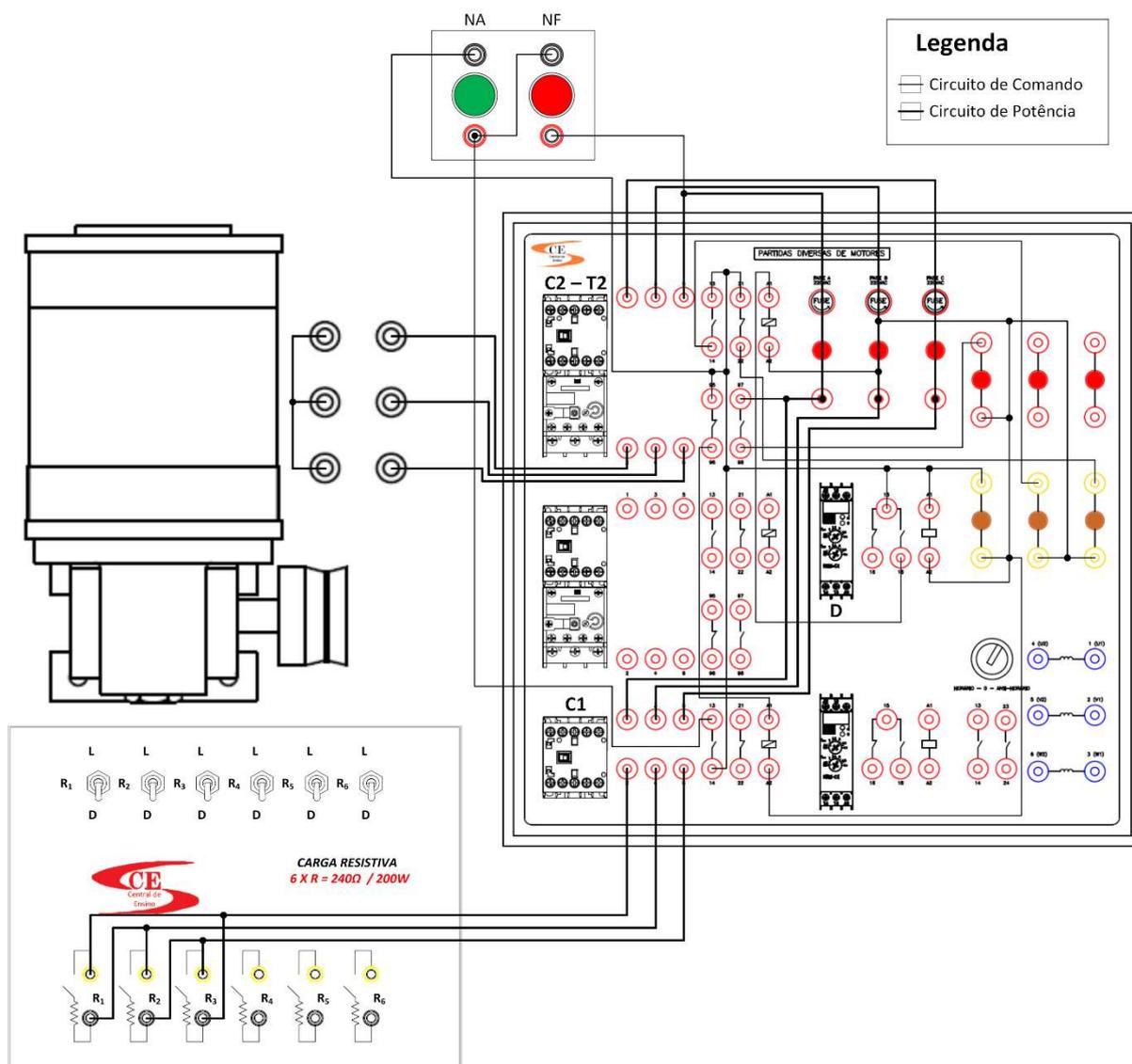


Figura 20 – Diagrama das ligações dos circuitos de comando/sinalização e potência.

O circuito montado contempla o comando, à distância, para o acionamento das resistências de aquecimento e do motor que movimenta uma misturadora industrial, com proteção contra sobrecarga e sinalização. O motor da misturadora não pode entrar em operação sem que

antes tenha sido completado um pré-aquecimento da mistura durante 15 segundos.

Opere o sistema montado analisando o funcionamento nas várias condições possíveis:

- 1) Resistências desativadas, prontas para operar (sistema em "stand-by")
- 2) Pré-aquecimento em marcha
- 3) Operação plena do misturador (motor e resistências operando simultaneamente)

5. RELATÓRIO

No relatório deverá constar o roteiro da atividade experimental preenchido com todos os resultados coletados e as respostas dos itens solicitados a seguir. Busque sempre deixar claro o raciocínio adotado e estabelecer um paralelo entre a teoria vista em sala de aula e os resultados obtidos no laboratório.

Parte 1 - Analise os dispositivos utilizados nesta experiência, identificando seus componentes e caracterizando suas funções e características técnicas:

- a) Contator. Descreva sucintamente como funciona o contator levando em conta os seguintes itens: contatos principais (utilizados no circuito de acionamento), contatos auxiliares utilizados nos circuitos de comando e de sinalização, bobina para operação de fechamento.
- b) Elemento térmico. Descreva em poucas palavras como funciona o elemento térmico, levando em conta os seguintes componentes: ajuste de corrente de disparo, sinalizador de atuação, dispositivo de rearme, contatos auxiliares, botão de "teste".
- c) Botoeiras. Descreva o funcionamento dos contatos NA e NF.
- d) Temporizador. Faça o mesmo para o temporizador levando em conta os contatos NA e NF, bem como o botão de ajuste de tempo.

Parte 2 - Descreva e comente o funcionamento da montagem realizada na seção 4.2 do roteiro experimental. Em seguida, faça o que se pede nas alíneas abaixo:

- a) Descreva como é obtida a situação descrita como “resistências desativadas, prontas para operar (sistema em *stand-by*)”, e qual o status da sinalização nesse caso.
- b) Descreva como é obtida a situação “aquecimento em marcha”, e qual o status da sinalização nesse caso.
- c) Sugira os textos da legenda a serem colocados no painel do operador, junto aos botões B0, B1 e junto às lâmpadas L1 e L2.

Parte 3 - Descreva e comente o funcionamento dos circuitos apresentado nas seções 4.3 e 4.4 do roteiro experimental. Além disso, sugira os textos da legenda a serem colocados, no painel do operador, junto aos botões B0, B1 e junto a cada uma das lâmpadas.

- a) O que se entende por contator com corrente nominal de 20 A acoplado a elemento térmico com capacidade de ajuste de 3 A a 10 A ?
- b) Elabore um circuito de comando para um motor que possa ser operado de 3 pontos diferentes.
- c) Quais são os tipos de defeitos prováveis que se apresentam, em um circuito de comando à distância, em que pressionando-se o botão "LIGA", o contator não "FECHA", e operando o dispositivo de acionamento local há o "FECHAMENTO" do contator, se mantendo posteriormente fechado?
- d) Um motor acionado por um contator com proteção térmica desligou-se sem que tenha havido interferência do operador. É possível determinar se a causa do desligamento foi por interrupção no fornecimento de energia ou por sobrecarga?