

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA EM TRANSFORMADORES DE  
POTÊNCIA BASEADO EM MICROCONTROLADOR

POR

SÉRGIO JOSÉ MELO DE ALMEIDA

CAMPINA GRANDE  
JUNHO - 1991

*1. Sérgio José Almeida*  
*2. Transformadores de Potência*  
*Microcontrolador*  
*3. Engenharia Elétrica*

SÉRGIO JOSÉ MELO DE ALMEIDA

SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA EM TRANSFORMADORES DE  
POTÊNCIA BASEADO EM MICROCONTROLADOR

Dissertação apresentada ao Curso  
de MESTRADO EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA da Universidade Federal  
da Paraíba, em cumprimento às  
exigências para obtenção do grau  
de Mestre.

MISAEEL ELIAS DE MORAIS

GURDIP SINGH DEEP

RAIMUNDO CARLOS SILVÉRIO FREIRE

Orientadores

CAMPINA GRANDE  
JUNHO - 1991



A447s Almeida, Sergio Jose Melo de  
Supervisao e controle de sobrecarga em transformadores  
de potencia baseado em microcontrolador / Sergio Jose Melo  
de Almeida. - Campina Grande, 1991.  
85 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Eletrica) -  
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e  
Tecnologia.

1. Sobrecarga Eletrica 2. Transformadores de Potencia -  
3. Engenharia Eletrica 4. Dissertacao I. Morais, Misael  
Elias de, Dr. II. Deep, Gurdip Singh, Ph.D. III. Freire,  
Raimundo Carlos Silverio, Dr. IV. Universidade Federal da  
Paraiba - Campina Grande (PB) V. Título

CDU 621.3.016.34(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

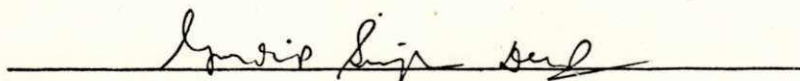
SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA EM TRANSFORMADORES DE  
POTÊNCIA BASEADO EM MICROCONTROLADOR

SÉRGIO JOSÉ MELO DE ALMEIDA

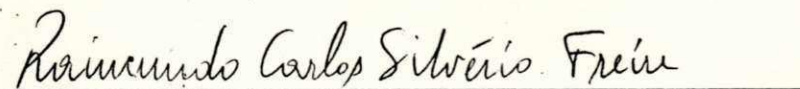
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14.06.91



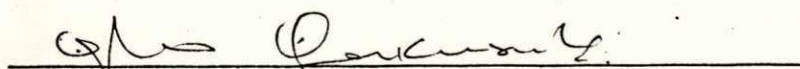
MISAEEL ELIAS DE MORAIS, Dr. Ing.  
Orientador



GURDIP SINGH DEEP, Ph.D.  
Orientador



RAIMUNDO CARLOS SILVÉRIO FREIRE, Dr.  
Orientador



ANGELO PERKUSICH, M.Sc.  
Componente da Banca



CURSINO BRANDÃO JACOBINA, Dr.  
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB  
JUNHO, 1991



## RESUMO

Apresenta-se neste trabalho um sistema de aquisição de dados para monitorar os transformadores de potência, com a utilização da placa de desenvolvimento microcontroladora EVB68hC11 da Motorola, para o controle de sobrecargas e computador comercial IBM-PC ou compatível para o cálculo de perda de vida útil.

## ABSTRACT

A data acquisition system for monitoring power transformer overloads, using a Motorola microcontroller Evaluation Board EVB68HC11 and IBM-PC compatible microcomputer is proposed. This system includes calculation of reduction in the effective life span of the transformer.

A Mercedinha, meus  
Pais, Tios, Irmãos e  
Sobrinhos

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Gurdip Singh Deep, Misael Elias de Moraes e Raimundo Carlos Silverio Freire pela valiosa orientação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ pela concessão da bolsa de estudo.

A Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF e em particular ao Engenheiro Nei Guilherme de Macedo pelos dados fornecidos.

A todos os amigos, professores, alunos e funcionários que, estando ao nosso lado, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## ÍNDICE

	Página
Introdução.....	01
Capítulo I	
CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DO ENVELHECIMENTO EM TRANSFORMADORES.	
I.1. Estrutura do isolamento dos transformadores.....	04
I.2. Expectativa da vida útil de um transformador.....	07
I.3. Técnicas para controle de sobrecarga.....	09
I.4. Especificação de um sistema de supervisão e controle de sobrecarga.....	13
Capítulo II	
CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA	
II.1. Considerações para o sistema proposto.....	15
II.2. Configuração do Sistema proposto.....	18
II.3. Hardware do Sistema.....	21
II.4. Considerações do hardware.....	23
Capítulo III	
IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA EM TRANSFORMADORES	
III.1. Considerações do software.....	28
III.2. Acionamento do sistema de refrigeração.....	34
III.3. Comunicação entre a placa EVB68HC11 e o microcomputador.....	39



III.4. Inicialização do SCST.....	43
III.5. Depuração do software do SCST.....	45

#### Capítulo IV

#### AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA

IV.1. Circuito para simular o sistema elétrico.....	47
---	----

#### Capítulo V

Conclusões.....	50
-----------------	----

Referências Bibliográficas.....	51
---------------------------------	----

Anexo A -Detalhamento do diagrama de blocos do circuito para aquisição dos sinais analógicos.....	53
---	----

Anexo B -Detalhamento do diagrama de blocos do circuito para leitura dos sinais digitais.....	54
---	----

Anexo C -Detalhamento do diagrama de blocos do circuito para envio de comandos.....	55
---	----

Anexo D -Listagem do programa do SCST.....	56
--	----

Anexo E -Listagem do programa de monitoração.....	77
---	----

## LISTA DAS FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Corte da bobina do enrolamento .....	05
Figura 1.2. Gráfico do percentual da perda de vida útil em função da temperatura do enrolamento.....	09
Figura 1.3. Sistema de proteção de sobrecarga testado em FURNAS.....	12
Figura 2.1. Configuração hierarquizada utilizada.....	20
Figura 2.2. Comunicação entre a unidade de supervisão e a unidade de aquisição e controle.....	22
Figura 2.3. Diagrama em blocos do SCST baseado na placa EVB68HC11.....	24
Figura 2.4. Entrada dos sinais analógicos.....	25
Figura 2.5. Aquisição dos sinais digitais.....	25
Figura 2.6. Diagrama de blocos do circuito para envio de comandos.....	26
Figura 3.1. Diagrama das etapas de supervisão e controle de sobrecarga.....	30
Figura 3.2. Diagrama mostrando procedimento do SCST em caso de emergência.....	33
Figura 3.3. Diagrama da etapa de acionamento do sistema de refrigeração.....	36
Figura 3.4 Fluxograma do programa de acionamento do sistema de refrigeração.....	38

Figura 3.5. Diagrama de blocos estruturados do programa de monitoração executado no microcomputador.....	40
Figura 3.6. Tela do sistema de supervisão e controle de sobrecarga - SCST.....	45
Figura 4.1. Divisor de tensão para simular os sinais analógicos.....	47
Figura 4.2. Circuito para simular um disjuntor.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS

- A/D - Analógico/Digital
- BUFFALO - Bit User Fast Friendly Aided Logical Operating
- CEMIG - Companhia Elétrica de Minas Gerais
- EEPROM - Electrically Erasable Programmable Memory
- EPROM - Erasable programmable only memory
- E/S - Entrada/Saída
- EVB - Evaluation Board
- RAM - Random Access Memory
- SCST - Supervisão e Controle de Sobrecarga em Transformadores

## LISTA DE SÍMBOLOS

- PV(%) - Percentual da perda de vida útil do transformador
- $\delta T$  - Intervalo de tempo em horas
- te - Temperatura do enrolamento
- A - Constante da curva de expectativa
- B - Constante da curva de expectativa



## INTRODUÇÃO

Os grandes sistemas elétricos brasileiros são planejados de tal modo que, quando há o desligamento de um transformador em uma subestação, o(s) transformador(es) restante(s) permaneça(m) com um carregamento, no máximo igual ao seu limite nominal.

As crescentes dificuldades econômicas das empresas do setor elétrico, têm levado a atrasos de obras que originam diversas situações, onde os sistemas operam fora dos critérios para os quais foram planejados, forçando assim a utilização dos transformadores o mais próximo possível de seu limite nominal.

Quando, por necessidade de manutenção ou por outro motivo qualquer, há o desligamento de um dos transformadores de uma subestação, os transformadores restantes podem entrar em sobrecarga, o que acarreta elevação excessiva da temperatura do enrolamento resultando assim, no aquecimento do óleo e também na perda de vida útil (Almeida, S. et al, 1990).

Os transformadores têm, internamente, dispositivos de proteção que ao detectarem sobrecargas e as elevações excessivas de temperatura, desligam automaticamente o transformador. Entretanto, este tipo de proteção tem a desvantagem de retirar, no mesmo instante, todas as cargas alimentadas pelo transformador desligado.

Entretanto, não é sempre necessário retirar todas as cargas ligadas a um transformador quando ocorre uma sobrecarga acima do permitido ou uma elevação excessiva de temperatura. O

transformador pode suportar uma determinada sobrecarga, durante um certo tempo, sem comprometer sua vida útil (ABNT-NBR-5416, 1981).

Com essa finalidade, foi desenvolvido e implantado em uma das subestações de FURNAS, um esquema de proteção que: na ocorrência de uma sobrecarga, executa o desligamento sequencial das cargas a ele ligadas, com um certo retardo entre as retiradas de cargas, até que a condição de sobrecarga desapareça. Evita-se assim que todas as cargas sejam desligadas no mesmo instante. Este sistema de proteção, é baseado em relés de sobrecorrente, indicadores de temperatura e temporizadores (Almeida, A. M et al, 1986).

Com a intenção de apresentar um sistema mais eficaz no controle de sobrecarga, foi desenvolvido um sistema de proteção pela CEMIG (Companhia Elétrica de Minas Gerais), baseado nos trabalhos de Poyser et al (1983, 1985). Este sistema, além de executar a retirada sequencial das cargas, aciona ou desliga o sistema de refrigeração dos transformadores, e cria também arquivos onde são armazenados os valores referentes ao comportamento diário do fluxo de carga.

Apesar de possibilitar uma proteção mais eficaz aos transformadores, nem o sistema desenvolvido pela CEMIG nem o sistema instalado nas subestações de FURNAS, permitem um acompanhamento da perda de vida útil dos transformadores. Isto permitiria maior segurança na determinação dos limites operacionais do transformador, evitando assim, expor o mesmo a regime de operação que comprometa sua vida útil.

Neste trabalho, apresenta-se um sistema que tem a finalidade de fazer além da supervisão e o controle de sobrecarga nos transformadores e o controle do sistema de refrigeração, calcular a perda de vida útil de cada transformador de uma subestação, e permitir o armazenamento em memória de massa, de um histórico do comportamento diário do fluxo de carga em cada transformador.

Este trabalho é dividido em 5 capítulos, além desta introdução.

Apresenta-se no capítulo I, uma descrição dos critérios que definem o envelhecimento dos transformadores, a forma como é calculada a perda de vida útil de um transformador e o detalhamento de algumas técnicas de controle de sobrecarga utilizadas atualmente.

No capítulo II, apresenta-se e discute-se a estrutura de hardware, e no capítulo III, mostra-se a implementação de software, para o sistema de supervisão e controle de sobrecarga proposto neste trabalho.

No capítulo IV, mostra-se os testes feitos para avaliação desse sistema de supervisão e controle de sobrecarga e no capítulo V, apresenta-se os comentários e as conclusões.



## CAPÍTULO I

### CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DO ENVELHECIMENTO EM TRANSFORMADORES

Neste capítulo, apresenta-se as condições de funcionamento normais de um transformador, os fatores que o levam a um envelhecimento precoce e as técnicas utilizadas para se evitar esse envelhecimento.

#### I.1. ESTRUTURA DO ISOLAMENTO DOS TRANSFORMADORES

A expectativa de vida de um equipamento elétrico, está associada a diversos fatores, tais como: calor excessivo, frio, vibrações mecânicas, umidade, etc.

Nos transformadores de potência o fator principal que define sua expectativa de vida, é o papel utilizado para isolar os condutores, denominado papel Kraft (Irigoyen, U.G., 1989).

O papel isolante dos condutores de um transformador de potência, compõe-se de várias fibras formadas de cadeias moleculares de celulose. O processo de envelhecimento está diretamente associado a degradação e possível destruição dessas cadeias moleculares, devido a influência do oxigênio, da umidade e especialmente da temperatura (Niklaus. U, 1986).

O aquecimento do enrolamento de um transformador não é uniforme, de tal modo que algumas regiões atingem temperaturas mais altas que outras. Por este motivo, cada uma destas regiões é denominada de: ponto mais quente do enrolamento.

O ponto mais quente de cada enrolamento de um transformador encontra-se no seu topo (Niklaus. U, 1986). Conseqüentemente, é este o ponto mais crítico em termos de envelhecimento da isolação, sobretudo em condições de sobrecarga.

Podem existir outros pontos com temperaturas elevadas, como por exemplo: conexões, contatos, pontos de solda; etc. Entretanto, tais ocorrências devem-se normalmente a falhas acidentais por erro de dimensionamento. Por este motivo, esses pontos não são considerados para as estimativas de vida útil do transformador (Niklaus. U, 1986).

Mostra-se na figura 1.1 um corte transversal do enrolamento de um transformador. Pode-se observar que existem certas regiões do papel de isolação dos condutores, cobertas por calços ou pelos próprios condutores adjacentes, que impedem a dissipação eficiente de calor. Em virtude disso, a temperatura em tais pontos atinge valores mais altos, sendo esses os pontos mais quentes.

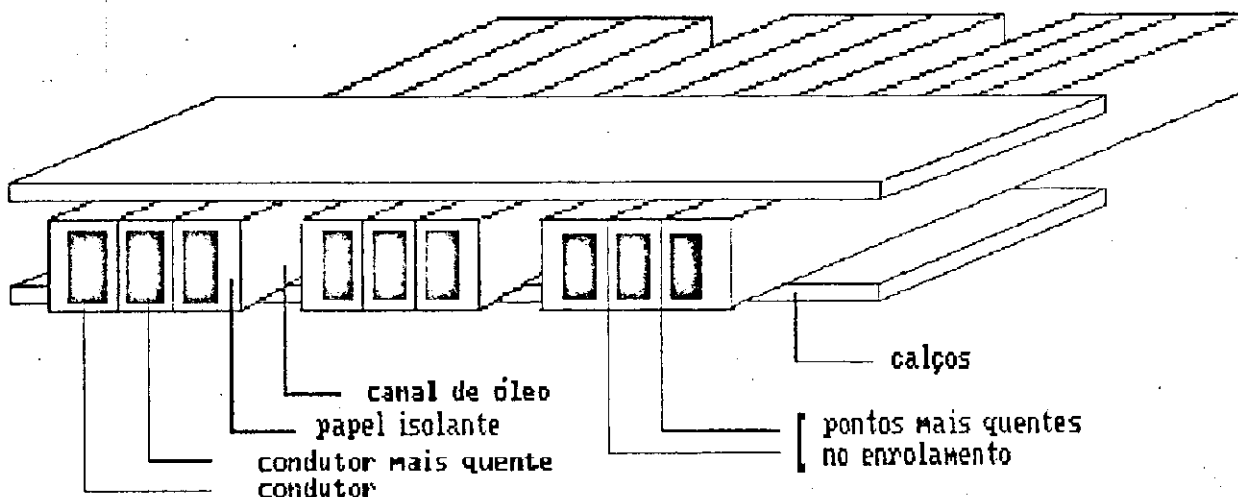


Figura 1.1. Corte transversal do enrolamento de um transformador.



A rigidez dielétrica do papel isolante é alta, no entanto, com o aquecimento excessivo e contínuo do enrolamento do transformador as regiões denominadas por ponto mais quente do enrolamento, começam a perder suas características de isolante, pois a medida que o papel é submetido a temperaturas elevadas, ele torna-se quebradiço e carbonizado, o que provoca a perda de suas características dielétrica.

O mesmo não acontece nas partes onde a superfície do papel de isolação está em contato com os canais de óleo ou com a superfície externa do transformador, pois o fluxo de calor dissipado nestas regiões provoca a queda de temperatura na superfície do papel de isolação.

A elevação da temperatura no enrolamento de um transformador, está associada à corrente de carga no mesmo. Por este motivo, a operação de um transformador com uma corrente acima de seu valor nominal faz com que a temperatura no enrolamento alcance valores que comprometem sua isolação, principalmente nos seus pontos mais quentes.

Um longo tempo de operação de um transformador em regime de sobrecarga, faz com que a temperatura do enrolamento aumente e atinja valores que aceleram a perda de sua vida útil, pois a mesma está associada a temperatura no enrolamento e a duração da sobretemperatura, como será mostrado no item I.2.

Uma das especificações de um transformador de potência é a expectativa para sua vida útil. Contudo, esse dado não é preciso, visto que esta expectativa é calculada supondo que o transformador opere com valor igual ao seu valor de potência

nominal.

Geralmente, os transformadores de potência tem sua vida útil estimada em aproximadamente 30 anos (Almeida, A., 1986). Assim, este é o tempo de garantia dado pelo fabricante, desde que eles operem com determinado valor de potência, que é denominado por potência nominal.

Sendo assim, pode-se definir potência nominal de um transformador, como o valor que serve de base no projeto, nos ensaios e nas garantias do fabricante, e que determina o valor da corrente nominal que circula sob uma determinada tensão nas condições especificadas. Vale ressaltar que, segundo a norma da ABNT (ABNT-NBR-5416, 1981), não são consideradas variações nas tensões, isto quer dizer que os valores percentuais da potência são iguais aos valores percentuais da corrente no enrolamento.

Logo, potência nominal não é um valor limite de operação, e sim, um valor utilizado para estimar a vida útil do equipamento.

## I.2. EXPECTATIVA DA VIDA ÚTIL DE UM TRANSFORMADOR

Como foi discutido no item anterior, o fator que caracteriza o envelhecimento de um transformador é o estado de preservação do papel de isolamento dos condutores do enrolamento.

A elevação de temperatura do enrolamento não é uniforme, de modo que o desgaste no isolante que os envolve também não o é. Alguns pontos se deterioram mais do que outros, reduzindo a vida útil do transformador.

A norma da ABNT (ABNT-NBR-5416, 1981) determina o procedimento para o cálculo da perda de vida útil de um transformador. Esse procedimento é baseado na temperatura do

ponto mais quente do enrolamento. De modo que, o aquecimento do enrolamento com valores acima de seu valor nominal, se traduz numa redução da vida útil de um transformador.

O método para o cálculo da perda de vida útil de um transformador, segundo essa norma, exige a divisão do período em exame em intervalos de pequena duração, tomando-se o valor da temperatura do enrolamento ao fim de cada um desses períodos. Para isso, admite-se que o valor da temperatura do enrolamento é constante e igual ao valor final do mesmo, nesse intervalo. Podendo-se então calcular a perda de vida útil ocorrida ao longo de cada intervalo pela expressão:

$$PV(\%) = 100 \cdot \delta T \cdot 10^{\left( \frac{B}{273 + t_e} - A \right)} \quad (1.1)$$

onde PV(%) representa o percentual da perda de vida útil do transformador, quando a temperatura do seu enrolamento é igual a  $t_e$  (em valores absolutos), durante um intervalo de tempo  $\delta T$ . As constantes A e B são chamadas de constante da curva de expectativa de vida. O valor da constante B é de -6972,15 e o valor de A, depende do tipo do transformador.

A norma da ABNT aplica-se a dois tipos de transformadores, que são denominados por transformadores de 55°C e transformadores de 65°C. Estes valores, que são definidos de acordo com detalhes de fabricação do transformador, determinam a elevação máxima da temperatura do enrolamento, acima da temperatura ambiente, sem perda considerável de vida útil (ABNT-NBR-5416, 1981). Por exemplo: para uma temperatura ambiente em torno de 30°C, a

temperatura do enrolamento de um transformador de 55°C não deve ultrapassar por longo período o valor de 85°C, limitando-se a 95°C para um de 65°C.

O valor da constante A é -14,133, para um transformador de 55°C, e -13,391, para um de 65°C

A equação 1.1 é uma adaptação da teoria de Arrhenius, que estabelece que o logaritmo da vida do isolante é uma função do inverso da temperatura absoluta. Esta relação foi obtida empiricamente através da observação em ensaios da velocidade de reação do óleo com o papel em função da variação de temperatura.

Na figura 1.2, apresenta-se o gráfico do percentual da perda de vida útil de um transformador, em função da temperatura do enrolamento, para um transformador de 55°C, com um intervalo de tempo  $\delta T$  igual 30 minutos.

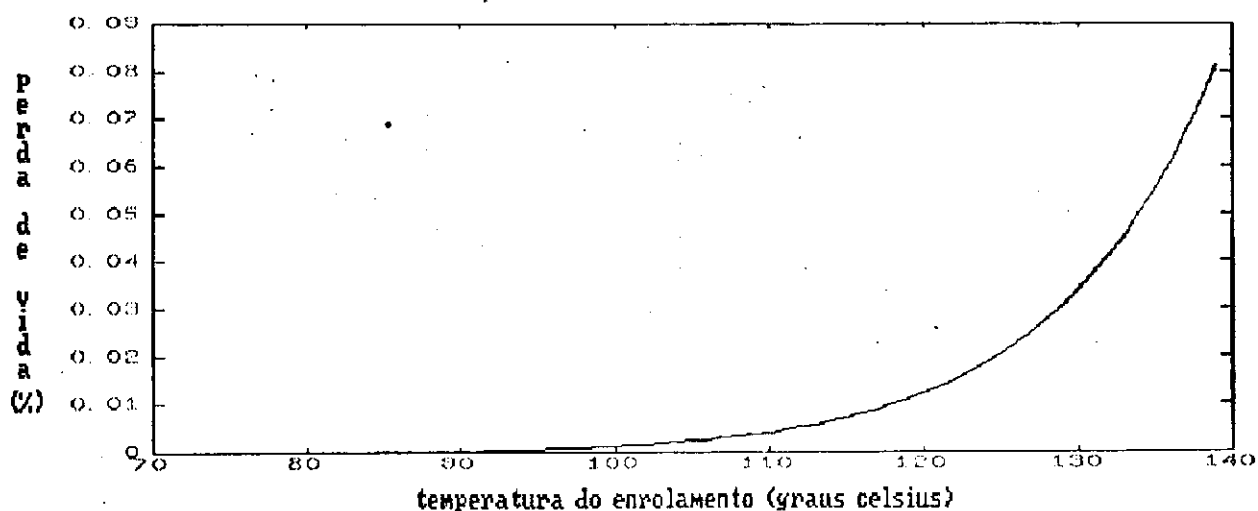


Figura 1.2. Gráfico da perda de vida útil de um transformador em função da temperatura do enrolamento

### I.3. TÉCNICAS PARA CONTROLE DE SOBRECARGA

A preocupação atual em determinar com precisão os fatores

que caracterizam o envelhecimento precoce de um transformador, está associada a dois aspectos, quais sejam: o alto custo de um transformador de grande porte e a falta de investimentos no setor elétrico nacional.

A falta de investimentos no setor elétrico tem obrigado as empresas a permitirem que seus transformadores operem frequentemente com um valor de potência igual ou maior que o seu valor nominal. Dessa forma, os enrolamentos permanecem por longos períodos com temperatura elevada.

O problema de carregamento nos transformadores torna-se mais crítico quando, por necessidade de manutenção ou por outro motivo qualquer, há o desligamento de um dos transformadores da subestação, podendo os transformadores restantes entrar em regime de sobrecarga com elevação excessiva da temperatura dos enrolamentos, assim como, dos materiais isolantes utilizados nos transformadores, reduzindo dessa forma, a sua expectativa de vida útil. O compromisso das empresas do setor elétrico em manter o fornecimento normal de energia, tem obrigado os transformadores, a operarem com níveis de carga acima de seus valores nominais, com a finalidade de evitar que o transformador seja desligado ao entrar em regime de sobrecarga. Para isto, a calibração do sistema de proteção interna dos transformadores são ajustados com valores acima do nominal (SCEL, GCOI & GTEE, 1986), tanto da corrente como da temperatura do óleo e do enrolamento, pois no momento que essas grandezas tiverem seus valores limites atingidos, o sistema de proteção fará o desligamento automático do transformador, provocando a retirada de todas as cargas.

O compromisso em manter o fornecimento de energia elétrica



e ao mesmo tempo a preservação da vida útil dos transformadores, tem levado algumas empresas a testar alguns esquemas alternativos de proteção de sobrecarga.

Nas subestações de FURNAS, utiliza-se atualmente, um sistema de proteção e controle de sobrecarga, que faz o corte automático de cargas sempre que a potência fornecida pelo transformador ultrapasse determinados valores de sobrecarga, ou sempre que a temperatura do óleo ou do enrolamento ultrapasse um limite pré-definido.

A figura 1.3 representa um esquema ilustrativo do sistema de proteção e controle utilizado nas subestações de FURNAS, que é baseado em relés de sobrecorrente (R) e indicadores de temperatura (IT).

Quando a corrente (ou temperatura) ultrapassa um limiar de disparo, o relé aciona um temporizador ( $t_1$ ,  $t_2$  ou  $t_3$ ), que efetua o corte de carga depois de um tempo pré-programado desligando o disjuntor associado.

Se a corrente reduzir a um valor abaixo do limiar de disparo antes do tempo programado no temporizador, este é desenergizado evitando-se assim o desligamento desnecessário de carga.

Após a retirada da primeira carga, o sistema aguardará um tempo pré-definido e, se a corrente (ou temperatura) continuar acima do limiar de disparo, é feito o corte da segunda carga. Este procedimento é repetido um número de vezes determinado, em função do número de cargas programadas para serem desligadas antes do desligamento de toda subestação, caso seja necessário.

Neste sistema de proteção, os relés de sobrecorrente e os

indicadores de temperatura são ajustados de modo a proteger o transformador e equipamentos associados antecipando-se à proteção própria dos transformadores, evitando o desligamento de todas as cargas de uma só vez.

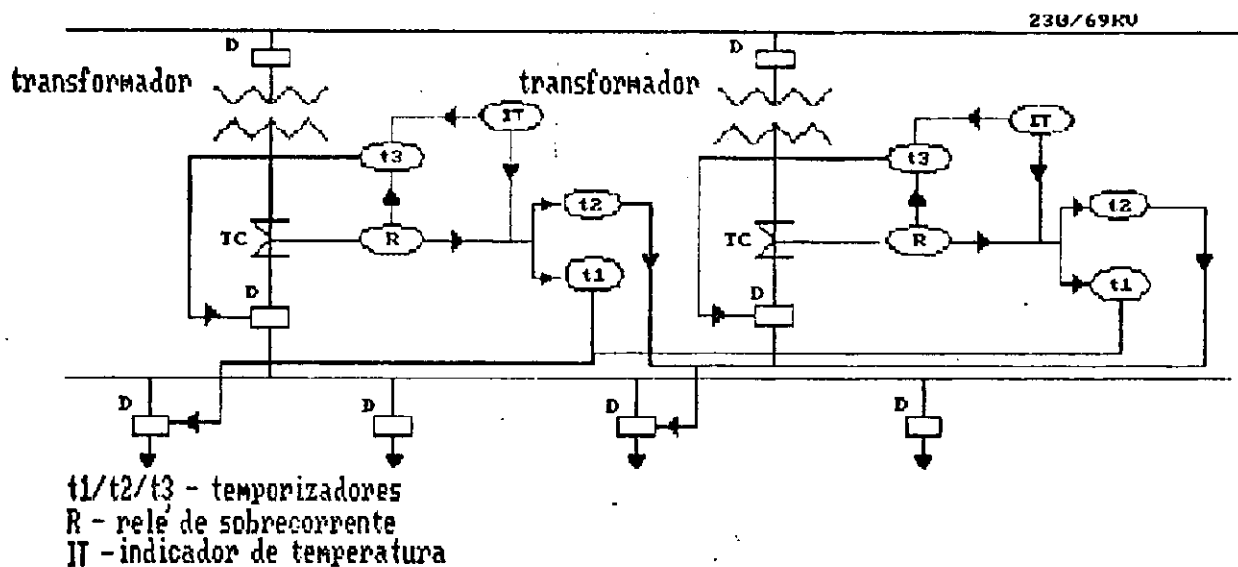


Figura 1.3. Sistema de proteção de sobrecarga testado em FURNAS

A vantagem desse esquema de proteção em relação à proteção interna do transformador, é a de não desligar todas as cargas quando o valor da corrente ou temperatura do óleo ou enrolamento for maior ou igual ao valor limite pré-estabelecido para cada uma das grandezas.

Nesse esquema, algumas cargas são desligadas sequencialmente até que o valor da corrente e/ou temperaturas sejam reduzidas à níveis permitidos. Se, após a retirada dessas cargas, os valores da corrente e/ou temperaturas não reduzir a níveis desejados, só então será feito o desligamento do(s) transformador(es).

Por outro lado, esse tipo de esquema de proteção não previu um acompanhamento da perda de vida útil do transformador, nem um histórico do comportamento do fluxo de energia em um determinado intervalo de tempo.

Poyser et al (1983, 1985), propuseram um sistema de supervisão e controle de sobrecarga em transformadores baseado em microprocessador, onde além do controle da corrente e das temperaturas do óleo e dos enrolamentos, ele faz também um histórico do comportamento do fluxo de energia. Baseado neste trabalho, J. Alves et al (1986) desenvolveram na CEMIG (Companhia Elétrica de Minas Gerais), um sistema de supervisão e controle de sobrecarga em transformadores de potência que faz, além do controle das correntes, das temperaturas, pois o mesmo faz a retirada de carga quando os valores limites de operação são atingidos, e de gerar arquivos do comportamento das cargas, o controle do sistema de refrigeração a partir da temperatura do óleo e do enrolamento. Entretanto, este esquema não previu a estimativa do percentual da perda de vida útil dos transformadores.

#### I.4. ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA

Baseado na necessidade de se manter uma supervisão e um controle mais eficiente dos transformadores de potência e garantir maior confiabilidade na sua operação, é que propõe-se neste trabalho o desenvolvimento de um sistema de supervisão e controle de sobrecarga em transformadores de potência que possibilite executar as seguintes funções:

a) aquisição, em tempo real, dos valores de corrente, temperatura do óleo e do enrolamento de cada transformador da subestação;

b) cálculo e armazenagem em memória de massa da perda de vida útil dos transformadores, assim como, do valor da potência em termos percentuais em relação a potência nominal;

c) acionamento e desligamento do sistema de refrigeração sempre que a temperatura do óleo ou do enrolamento ultrapasse ou desça a um valor definido pelos procedimentos de operação;

d) retirada de carga, ou mesmo do transformador sempre que a corrente ou a temperatura do óleo ou do enrolamento ultrapasse um limiar que coloque em risco o transformador e equipamentos associados;

e) modificação, sempre que solicitado pelo operador, dos valores limite, assim como, visualização em um monitor do estado do sistema de refrigeração, dos disjuntores das cargas e dos valores de cada grandeza em cada transformador da subestação.

Neste capítulo apresentou-se os fatores que acarretam o envelhecimento de um transformador de potência, assim como a forma como é feito o cálculo da perda de vida útil de um transformador. Também foram apresentadas as técnicas utilizadas para o controle de sobrecarga. Finalmente é apresentada a especificação de um sistema de supervisão e controle de sobrecarga proposto neste trabalho.

No próximo capítulo, apresenta-se a estrutura hierárquica do sistema proposto, e o hardware utilizado.

## CAPÍTULO II

### CONFIGURAÇÃO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA

Apresenta-se neste capítulo a proposta de um Sistema de Supervisão e Controle de Sobrecarga baseado na medição da corrente, temperatura do óleo e do enrolamento de cada transformador de uma subestação.

#### II.1. CONSIDERAÇÕES PARA O SISTEMA PROPOSTO

Para supervisionar e controlar eficazmente um transformador, é necessário que o valor de algumas grandezas sejam conhecidas. Estas grandezas são:

- a) a corrente,
- b) a temperatura do óleo,
- c) a temperatura do enrolamento,
- d) o estado do sistema de refrigeração,
- e) o estado do disjuntor associado a cada carga e a cada transformador.

A informação relativa a cada grandeza acima citada, é obtida da seguinte forma:

- a) os valores da corrente, temperatura do óleo e temperatura do enrolamento, são adquiridos nas saídas dos transdutores associados aos transformadores. Estes transdutores fornecem em



suas saídas, correntes que variam de 0 à 5mA. A faixa de variação da corrente na saída do transdutor em relação a grandeza medida, é ajustada de acordo com as necessidades operativas, isto é, a faixa de variação de 0 à 5mA pode ser ajustada para representar uma variação de 20°C à 120°C na temperatura do óleo, por exemplo.

b) o sistema de refrigeração de um transformador é dividido em dois estágios, os quais são acionados ou desligados separadamente. O estado de cada um deles é verificado através de dois sinais de condição do tipo ligado-desligado. Esses dados são adquiridos através dos contatos do relé associado a cada um dos estágios de refrigeração.

c) o conhecimento do estado do disjuntor de cada carga e de cada transformador, representa uma outra importante informação para o sistema, pois evita que caso seja necessário o envio de comando para o desligamento de uma carga qualquer, o sistema saiba a priori quais as cargas que já foram desligadas evitando-se que sejam enviados comandos para disjuntores anteriormente desligados.

No sistema proposto a leitura das informações acima citadas, permite que se tenha maior precisão na determinação dos valores limites impostos na operação de um transformador, pois com o conhecimento da corrente, das temperaturas do óleo e do enrolamento, podem-se estabelecer valores limites de operação que não comprometam a vida útil de um transformador.

Os valores limites de operação de um transformador estão relacionados com dois fatores, que são:

a) a redução do percentual da vida útil do transformador, em função do tempo (anos) em que o mesmo já está em operação,

b) o período contínuo de operação em regime de sobrecarga que vem sendo imposto ao transformador diariamente.

Os fatores citados acima apresentam duas situações distintas. No primeiro caso a restrição apresentada esta relacionada com o tempo de uso do transformador, pois é aconselhavel não permitir que um transformador com muitos anos de funcionamento opere em regime de sobrecarga, com a finalidade de evitar que se comprometa a confiabilidade na operação do mesmo.

Os valores limites de operação de um transformador, não esta de forma alguma limitado ao valor nominal estimado pelo fabricante, pois como já discutido, este valor serve apenas como base para a estimativa de sua vida útil. Dessa maneira, a operação de um transformador em regime de sobrecarga, não significa que haja uma redução na expectativa de sua vida útil, pois esta expectativa está relacionada, não com o valor da sobrecarga e sim, com o regime de operação imposto ao mesmo em um determinado período. Assim, a restrição acima citada, está relacionada com o tempo que é imposto a um transformador operar continuamente em regime de sobrecarga.

Para que se possa definir os valores limites de operação de um transformador considerando os dois fatores descritos, é necessário que se tenha um sistema que permita além da supervisão e do controle dos valores limites de operação, o armazenamento de algumas informações que possibilitem através de um estudo mais consistente, determinar os valores máximos de operação.

Para isso, as informações que devem ser armazenadas são:

a) valores percentuais da corrente em relação ao valor

nominal,

b) valor da temperatura do enrolamento, o qual é usado para o cálculo do percentual da perda de vida útil (ver cap.I item I.2).

O sistema de Supervisão e Controle de Sobrecarga em Transformadores (SCST) proposto, pode operar em subestações com um número qualquer de transformadores. Contudo, em função da necessidade de definir-se um determinado número de transformadores para fins de implementação de um protótipo em laboratório, optou-se por um número de três transformadores, quantidade esta, baseada em uma das subestações da Companhia Hidroeletrica do São Francisco (CHESF).

Os transformadores da subestação estão ligados em paralelo e alimentam um único barramento onde estão ligadas todas as cargas.

Considerando as funções especificadas no item I.4 do capítulo anterior e os requisitos acima citados, apresenta-se a seguir a configuração do hardware para executar as funções desejadas.

## II.2. CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A configuração hierárquica utilizada para o Sistema de Supervisão e Controle de Sobrecarga está definida em dois níveis.

- a) nível de aquisição e controle,
- b) nível de supervisão.

O primeiro nível está ligada diretamente aos pontos de aquisição de dados, tendo como funções básicas:

- a) aquisição dos valores de corrente, temperatura do óleo e

do enrolamento de cada transformador da subestação,

b) leitura dos estados de cada disjuntor e dos estágios de refrigeração de cada transformador,

c) verificar os valores de cada sinal adquirido e compará-los com os valores limites,

d) acionar o sistema de refrigeração,

e) efetuar o desligamento de cargas ou transformadores sempre que for necessário.

O nível de supervisão executa as seguintes funções:

a) concentração de dados em memória de massa (disco rígido ou flexível),

b) cálculo do percentual da perda de vida útil em cada transformador,

c) geração de tela mostrando os valores de temperaturas e corrente e o estado do sistema de refrigeração em cada transformador.

A configuração hierarquizada do sistema é mostrada na figura 2.1.

A comunicação entre a unidade de aquisição e controle e a unidade de supervisão é uma comunicação serial, utilizando-se o padrão RS-232C. A vantagem de utilizar-se este tipo de comunicação, está no fato de não obrigar a unidade de aquisição e controle e a unidade de supervisão, ficar em um mesmo console. Assim, a unidade de aquisição pode ficar mais próxima aos transformadores e evitar que possíveis ruídos de origem eletromagnética existentes na subestação venham alterar os níveis dos sinais adquiridos pela unidade de aquisição e controle.

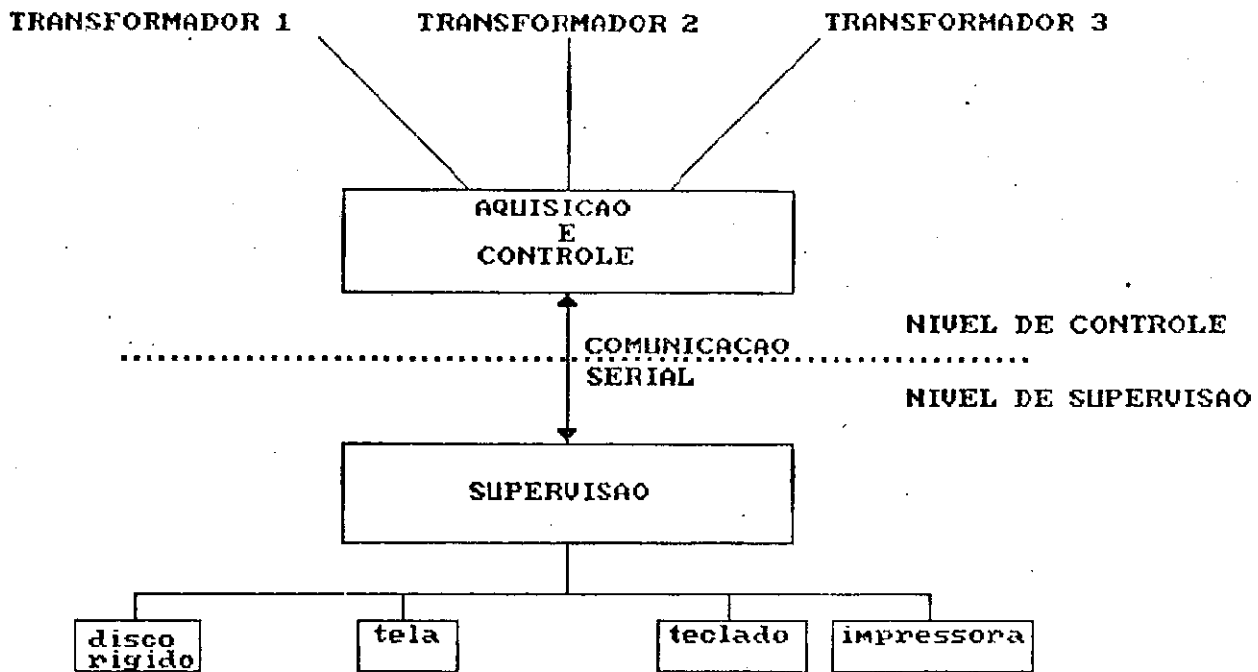


Figura 2.1. Configuração hierarquizada utilizada

Entretanto, todo um procedimento de isolação deve ser feito na unidade de aquisição e controle, pois mesmo estando próximo aos transformadores, a existência de campos eletromagnéticos nas subestações podem alterar o perfeito funcionamento desta unidade.

Na comunicação entre as duas unidades, a unidade de supervisão fica solicitando dados periodicamente a unidade de aquisição e controle. O intervalo para que a unidade de supervisão solicite novos dados da unidade de aquisição e controle, é feita através da checagem de um relógio existente na própria unidade de supervisão. Após a checagem, o próximo passo da unidade de supervisão será verificar qual a grandeza deverá ser solicitada. A verificação é feita em função exatamente do tempo pré-estabelecido para solicitação de novos valores de cada uma das grandezas.



A finalidade da unidade de supervisão ficar solicitando dados periodicamente, tem o objetivo de manter sempre atualizada uma tela com todo os valores das grandezas, dos estados dos disjuntores e o estado do sistema de refrigeração de cada transformador da subestação.

Dessa forma, a comunicação entre a unidade de supervisão e a unidade de aquisição e controle, é do tipo mestre-escravo. Entretanto, esta forma de comunicação é modificada quando ocorre o acionamento ou desligamento de algum estágio de refrigeração ou quando ocorre o desligamento de alguma carga ou dos transformadores. Nesses casos, a unidade de aquisição e controle envia para a unidade de supervisão a informação do ocorrido independentemente se está em tempo ou não da unidade de supervisão solicitar novos dados.

O reconhecimento de qual informação a unidade de supervisão esta solicitando ou que tipo de informação a unidade de aquisição e controle esta querendo enviar, é feita da seguinte forma:

Caso a unidade de supervisão verifique que está no momento de solicitar uma determinada grandeza da unidade de aquisição, esta envia um determinado caracter que é identificado pela outra unidade e o mesmo caracter é devolvido confirmando que foi identificada qual grandeza esta sendo solicitada. Na figura 2.2, apresenta-se a forma como esta comunicação se processa.

### II.3. HARDWARE DO SISTEMA

A configuração completa de uma unidade para desempenhar todas as funções executadas pela unidade de aquisição e controle,

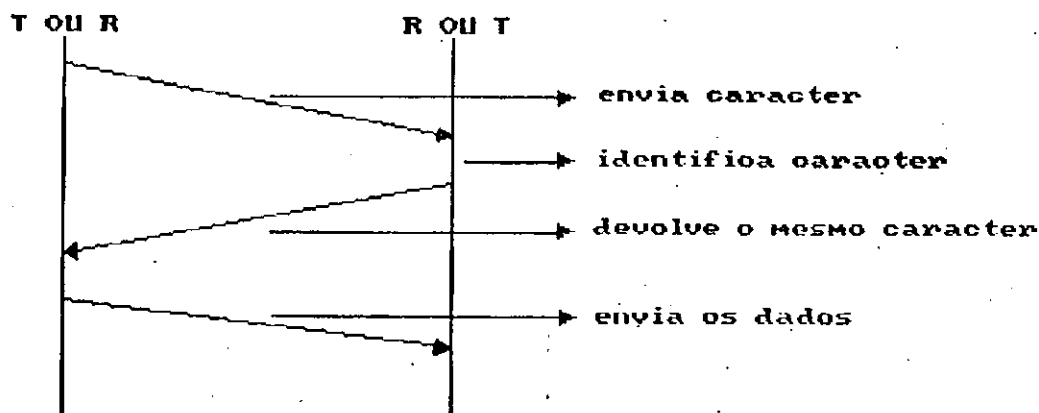


Figura 2.2. Comunicação entre as unidades de supervisão e a unidade de aquisição e controle

teria que dispor dos seguintes componentes em sua estrutura:

- a) memória RAM;
- b) memória EPROM;
- c) conversor A/D de 8 bits;
- d) portas de E/S;
- e) C.P.U de 8 bits (Z-80 ou 6809, por exemplo).

Entretanto, existem microcontroladores que contém em sua estrutura alguns ou mesmo todos os recursos acima mencionado. Por questão de disponibilidade, foi escolhido o microcontrolador MC68HC11A8 da motorola.

Compõe-se o Hardware do MC68HC11A8 basicamente de:

- a) 8 kbytes de ROM
- b) 512 bytes de EEPROM
- c) 256 bytes de RAM
- d) Temporizador de 16 bits
- e) Acumulador de Pulsos de 8 bits
- f) Interface para Comunicação Serial (S.C.I).

g) Interface Serial Periférica (S.P.I).

h) 8 canais de conversão A/D de 8 bits.

i) C.P.U de 8 bits com 64 registradores internos de 8 bits, além dos registradores usuais que são: registradores A, B, X, Y e D. Os registradores A e B (acumuladores) são registradores de 8 bits enquanto que os registradores X, Y (indexadores) e D são registradores de 16 bits. Sendo que o registrador D, é uma composição dos registradores A e B. Assim, foi escolhida a placa de desenvolvimento EVB68HC11 da Motorola que é baseada no microcontrolador MC68HC11A8.

A vantagem na utilização desta placa está em seus recursos disponíveis, evitando-se assim a confecção de uma placa de aquisição com outra unidade de processamento

Na figura 2.3, apresenta-se em diagrama de blocos, o esquema utilizado para o Sistema de Supervisão e Controle de sobrecarga em Transformadores (SCST).

Os sinais referentes às correntes e às temperaturas a serem adquiridos, são selecionados pela placa EVB, através de multiplexadores.

A unidade de supervisão é composta por um microcomputador IBM-PC ou compatível com uma memória RAM de 640kbytes, disco rígido de 30Mbytes, um acionador de disco flexível de 5 1/4" e impressora. A interface homem-máquina é feita por um terminal de vídeo.

#### II.4. CONSIDERAÇÕES DO HARDWARE

No item anterior, apresentou-se o diagrama do SCST (figura

2.3). Nela pode-se observar a existência de três etapas de multiplexação denominadas por: MUX-1, MUX-2 e MUX-3.

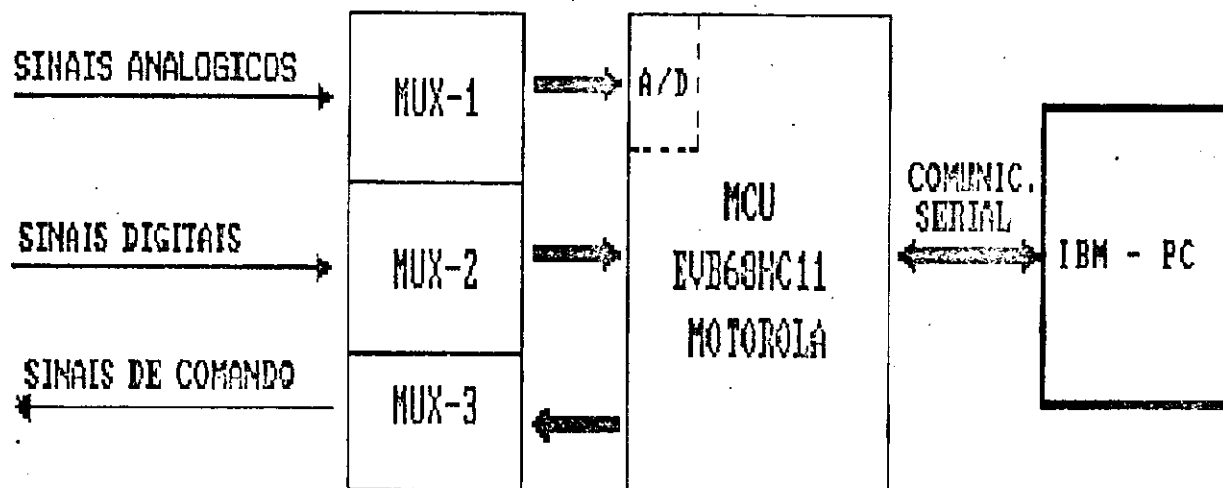


Figura 2.3. Diagrama de blocos do sistema de SCST baseado na placa EVB68HC11

Na figura 2.4, apresenta-se o diagrama de blocos referente ao bloco MUX-1. Este bloco é composto por dois multiplexadores do tipo CD4052.

A seleção dos sinais analógicos, é feita utilizando-se multiplexadores, os quais são endereçados pela porta-B da placa EVB68HC11 para que os sinais referentes às correntes e temperaturas sejam convertidos para o formato digital. A conversão A/D dos sinais é feita, selecionando cada vez, três valores referentes a mesma grandeza, ou seja, três valores referentes as correntes ou as temperaturas do óleo ou enrolamento.

O detalhamento do diagrama de blocos da figura 2.4, apresenta-se no anexo A.

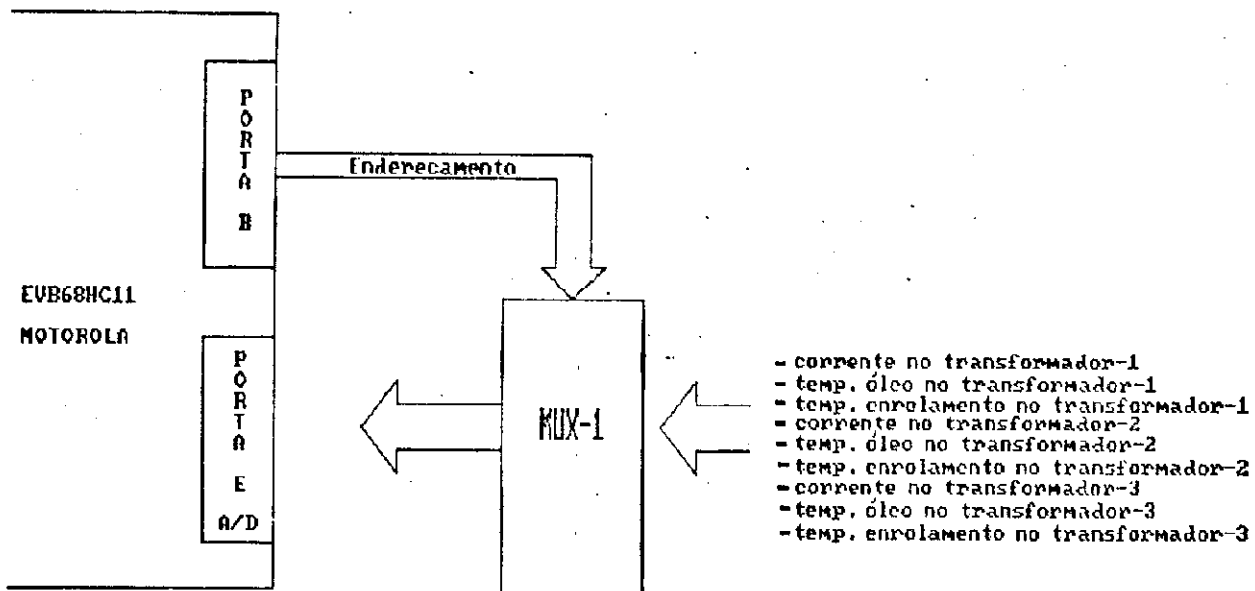


Figura 2.4. Entrada dos sinais analógicos

Na figura 2.5, apresenta-se o diagrama de blocos referente ao bloco MUX-2. O detalhamento do diagrama de blocos da figura 2.5 apresenta-se no anexo B.

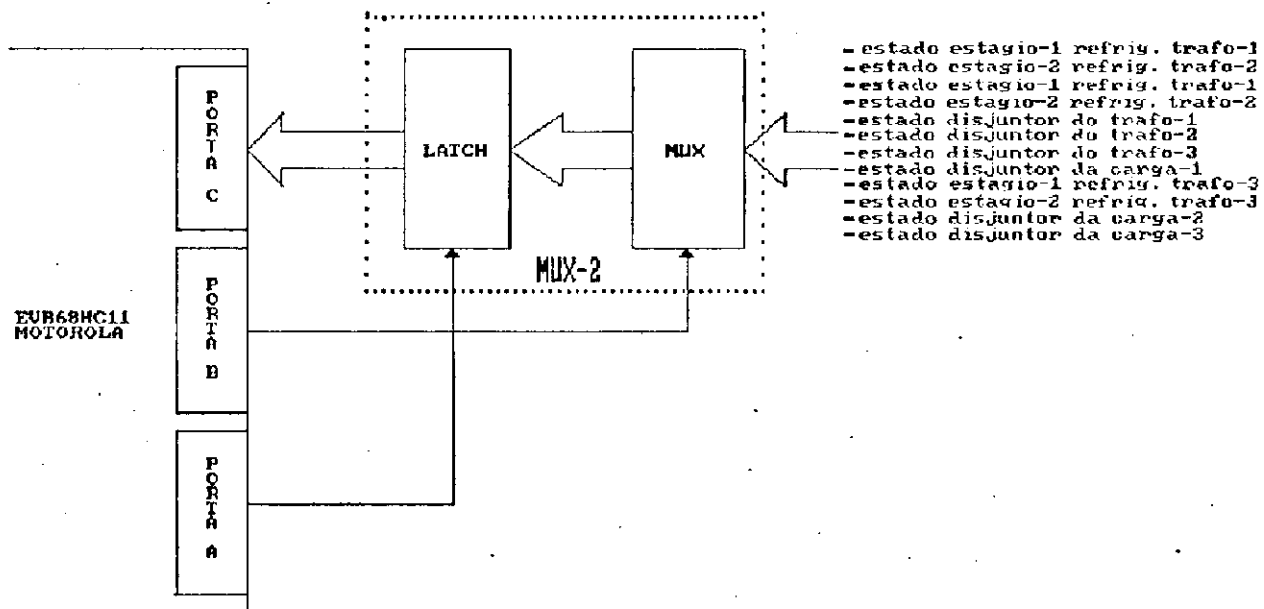


Figura 2.5. Aquisição dos sinais digitais



A informação relativa ao estado dos disjuntores das cargas e dos transformadores, assim como, o estado de cada estágio de refrigeração de cada transformador é obtido através da porta-C da placa EVB68HC11. A seleção dos dados desejados é feita pela porta-B a qual habilita as entradas desejadas para leitura. Após isto, os dados são armazenados temporariamente no latch para que sejam lidos pela placa EVB68HC11 através da porta-C.

Na figura 2.6, apresenta-se o diagrama de blocos referente ao MUX-3. Este bloco é composto por três multiplexadores do tipo CD4051.

A unidade de aquisição e controle envia os dados para desligar cargas, transformadores ou acionar o sistema de refrigeração utilizando a porta-A. A seleção dos canais dos multiplexadores são feitas pela placa EVB68HC11, utilizando-se as portas B e D.

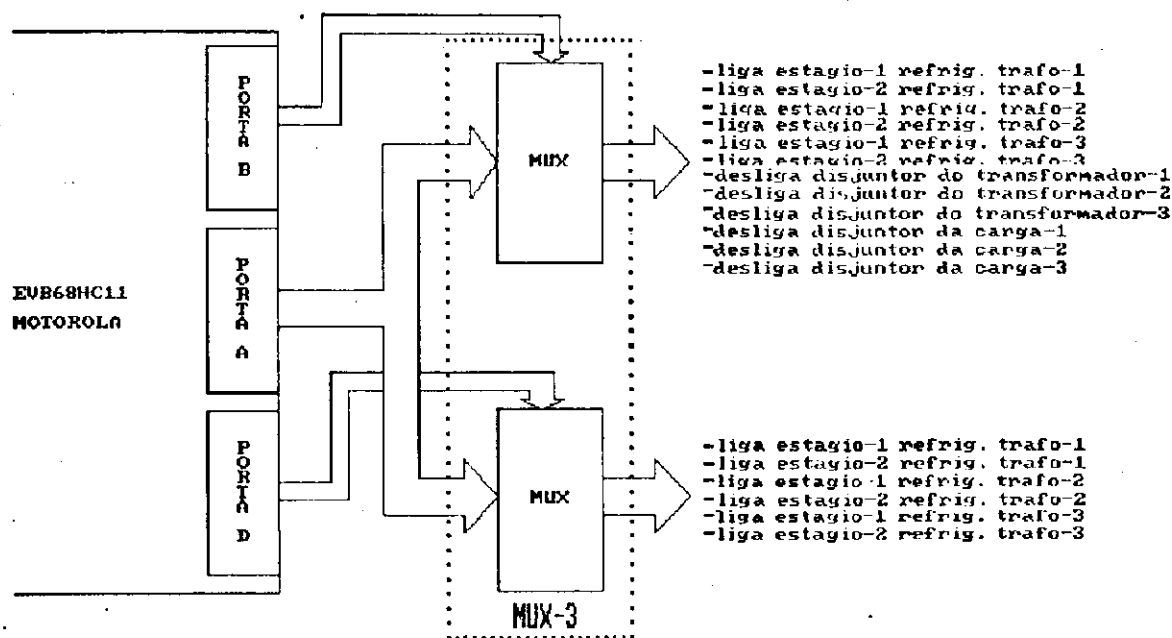


Figura 2.6. Diagrama de blocos do circuito para envio de comando

O detalhamento do diagrama de blocos da figura 2.6, apresenta-se no anexo C.

Neste capítulo apresentou-se a estrutura hierarquica do sistema proposto, assim como, o hardware utilizado para desempenhar as funções desejadas.

A seguir, apresenta-se no capítulo III, o Software do sistema de supervisão e controle de sobrecarga, detalhando todos os passos executado pelo sistema.

### CAPÍTULO III

#### IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA EM TRANSFORMADORES

A arquitetura descrita para o sistema de supervisão e controle de sobrecarga no capítulo anterior, tem as seguintes características:

a) um microcomputador tipo IBM-PC com memória RAM de 640 Kbytes, disco rígido de 30Mbytes, um acionador de disco flexível de 5 1/4" e impressora;

b) uma placa de aquisição EVB68HC11 da Motorola composta por: conversor A/D de 8bits, portas de E/S, clock de 2MHz, memória RAM de 16 Kbytes, além de outros recursos já mencionados no capítulo anterior;

c) a comunicação entre o microcomputador e a placa EVB68HC11 é de forma serial, utilizando-se o padrão RS-232C.

Neste capítulo apresenta-se a estrutura do software do sistema de supervisão e controle de sobrecarga em transformadores - SCST.

#### III.1. CONSIDERAÇÕES DO SOFTWARE

Na figura 3.1, apresenta-se o diagrama de blocos mostrando todas as funções a serem executadas pelo programa de supervisão e controle de sobrecarga.

A estrutura do programa, apresenta-se dividido em seis etapas básicas:

- a) inicialização;
- b) conversão A/D dos sinais;
- c) armazenamento dos sinais convertidos;
- d) verificação do valor limite de cada grandeza;
- e) checar se o microcomputador solicita novos dados para tela;
- f) verifica temperatura para ligar ou desligar sistema de refrigeração.

Na figura 3.1, as etapas são indicadas pela numeração que vai de 1 à 6.

A sequência das funções a serem executadas, é estabelecida pela rotina denominada de programa principal. Esta rotina chama as funções que são sub-rotinas do programa (ver Anexo D). Após a execução de cada função, o programa retorna para a rotina principal.

Na etapa identificada com o número 1, é feita a inicialização do programa, onde são determinados os valores limite de cada grandeza. Esta etapa de inicialização apresenta-se com mais detalhe no item III.4 deste capítulo.

Na etapa seguinte (2), são feitas as conversões A/D dos sinais provenientes dos transdutores. Estes sinais podem ser referentes a: corrente, temperatura do óleo ou temperatura do enrolamento.

A definição dos sinais a serem convertidos para a forma digital, é feita pelo programa principal. Para isto, antes de iniciar as conversões A/D, o programa principal define a grandeza a ter os sinais analógicos provenientes dos transdutores,

convertidos para digital.

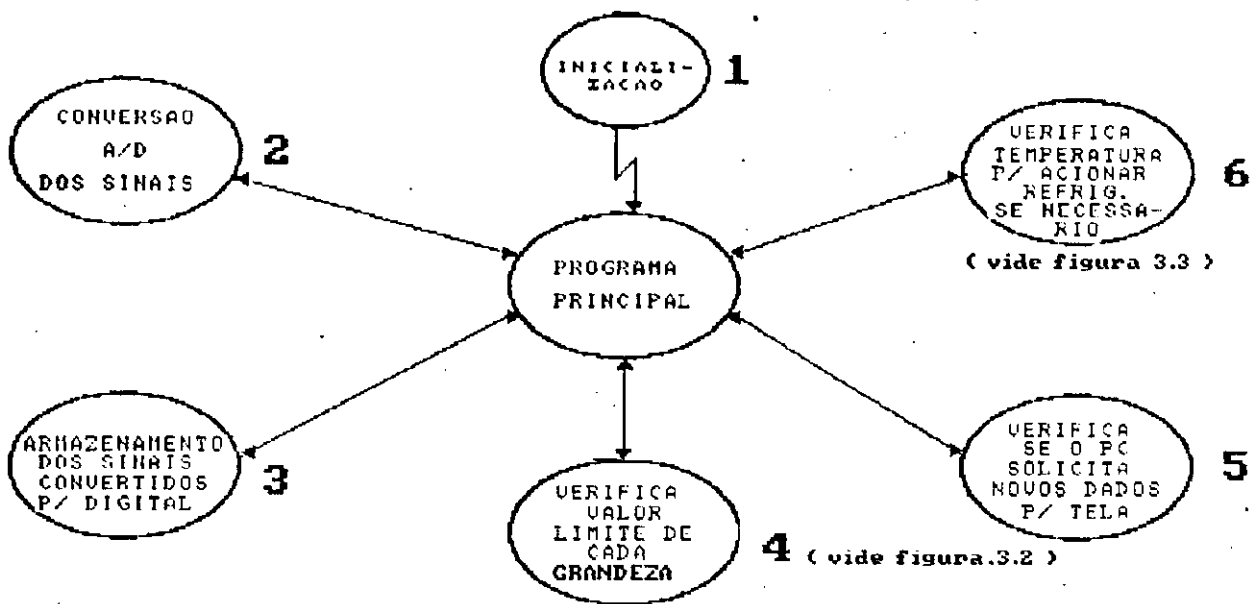


Figura 3.1. Diagrama das etapas de supervisão e controle de sobrecarga

Com a definição da grandeza a ter os sinais convertidos é chamada a rotina de conversão A/D.

A rotina de conversão A/D apresenta-se a seguir:

```
a  LDAA #$10
    STAA CONV      * conv equ $1030

k  TST  CONV

    BPL  k         * testa fim de conversão

    RTS           * retorna para o programa principal
```

O valor em hexadecimal 10h, é colocado na posição de memória \$1030 do microcontrolador, com a finalidade de informar ao mesmo, que sejam feitas as conversões A/D de quatro sinais analógicos provenientes dos transdutores e presentes nas entradas, que vão de PE0 à PE3, do conversor A/D do microcontrolador.

O microcontrolador além de permitir a conversão A/D de



quatro sinais distintos, permite também, caso seja necessário, quatro conversões de um mesmo sinal. Para isso, é suficiente modificar o valor armazenado na posição \$1030 da memória do microcontrolador (Motorola, 1986).

Após as conversões A/D, os resultados são armazenados nas posições de memória que vão do endereço \$1031 a \$1034.

A seguir na etapa identificada pelo número 3, os valores convertidos para a forma digital, são transferidos das posições que vão do endereço \$1031 à \$1033 após a conversão, para os endereços que vão de \$01 à \$05 da unidade de aquisição e controle. O motivo desta operação, é evitar que após as conversões A/D seguintes, os valores convertidos anteriormente sejam perdidos. Pois ao final das conversões, os resultados são sempre armazenados nos mesmos endereços da memória.

Com os sinais convertidos para a forma digital e armazenados, o passo seguinte (4), será comparar cada um dos valores, com o valor limite pré-definido para a grandeza à ser verificada.

O valor limite de cada grandeza é definido pelo operador quando este estiver inicializando o sistema. Este valor limite pode ser baseado, por exemplo, no histórico do comportamento de carga, de horas ou dias anteriores. Entretanto, algumas premissas básicas, levaram à adoção de alguns valores limite que são: temperatura do enrolamento igual a 120°C, temperatura do óleo 100°C e percentual de sobrecarga máxima igual a 50%. Estes limites foram adotados baseados nos seguintes aspectos:

- a) preservar as unidades transformadoras de danos

decorrentes de temperaturas elevadas e prolongadas (Almeida, A.M. et al, 1986);

b) recomendações de fabricantes e guias de carregamento (ABNT-NBR-5416, 1981);

c) experiências já vivenciadas pelas empresas do país e do exterior (Almeida, A.M. et al, 1986).

Com os sinais convertidos sendo comparados com os valores limites, o programa poderá tomar três decisões distintas, que são:

a) caso verifique-se que o valor do sinal, que pode ser referente a corrente ou as temperaturas, está abaixo do valor limite, o programa verificará o valor da mesma grandeza referente ao transformador seguinte;

b) caso verifique-se um valor igual ou maior que o valor limite permitido, um registrador será incrementado para registrar a existência da sobrecarga. A finalidade deste registrador é permitir ao programa, que após um número de amostras mínimas necessárias o mesmo possa comprovar com segurança a existência de sobrecarga.

O número de amostras necessárias para certificar-se da existência de sobrecarga pode ser alterada no programa fonte. Para os testes feitos em laboratório, estimou-se um número de três amostras. Esta taxa de amostragem é função do tempo que o programa leva para colher outra amostra, já que o programa após detectar uma sobrecarga, não interrompe a sequência normal do programa;

c) caso o número de amostras anotadas seguidamente, registre um número mínimo necessário para comprovar a existência de sobrecarga, o próximo passo será executar o desligamento de uma

das cargas. Para isso, o sistema necessita saber se alguma carga já foi desligada anteriormente, e qual foi ou quais foram estas cargas, para evitar que sejam enviados comandos para disjuntores já desligados.

Na figura 3.2, apresenta-se o diagrama de blocos indicando todos passos seguidos pelo programa, quando é confirmada a existência de sobrecarga.

A verificação de qual ou quais cargas já foram desligadas, é feita através da leitura do estado do disjuntor. Esta verificação é feita através da leitura da posição de contatos existentes nos disjuntores com a finalidade de indicar o estado do mesmo.

Com a confirmação da existência de sobrecarga com valor acima do permitido, o programa inicia o processo de desligamento de cargas. A retirada de carga é feita uma a uma obedecendo uma ordem de prioridade baseado em critérios definidos pela empresa.

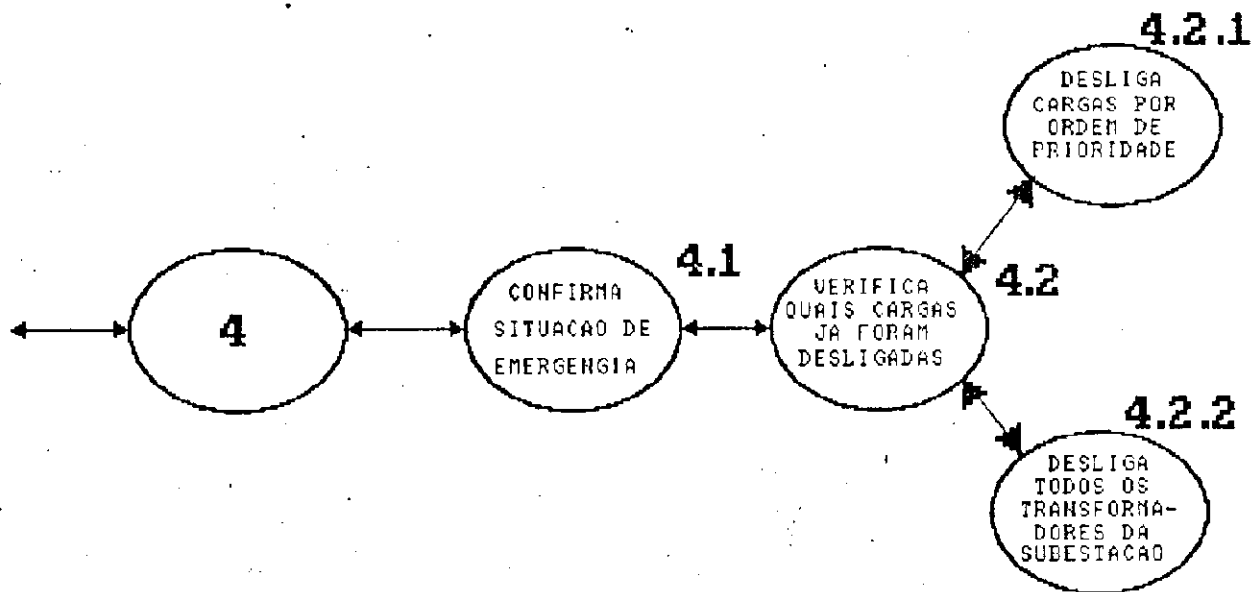


Figura 3.2. Diagrama mostrando procedimento do SCST em caso de emergência

Caso os desligamentos das cargas programadas tenham sido executados, e os transformadores permaneçam em regime de sobrecarga, serão executados os desligamentos de todos os transformadores da subestação.

Após o desligamento de qualquer carga, ou o desligamento de qualquer transformador, a placa EVB68HC11 irá avisar imediatamente ao nível de supervisão, que novas informações serão enviadas para a atualização da tela, além disso, um alarme sonoro é emitido pela unidade de supervisão para alertar o operador, da ação executada pelo SCST.

Após a verificação dos níveis dos sinais em cada transformador, o passo seguinte identificado na figura 3.1 com o número 5, é verificar através da porta de comunicação serial com o microcomputador, se o mesmo está solicitando dados para atualização da tela.

A atualização da tela é feita sempre que ocorra alguma ação da unidade de aquisição e controle, como por exemplo, o acionamento do sistema de refrigeração ou o desligamento de carga. Fora estas situações, quem irá definir o tempo que os dados devam ser atualizados na tela, é a unidade de supervisão.

Na etapa seguinte (6), o programa verificará se a temperatura do óleo ou do enrolamento, atingiu o valor pré-definido para o acionamento do sistema de refrigeração. A seguir apresenta-se em detalhe, o procedimento para esta verificação.

### III.2. ACIONAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Após o sistema fazer a verificação dos valores de corrente e

temperaturas do óleo e do enrolamento de cada transformador com a finalidade de manter estes valores abaixo dos valores limite pré-estabelecidos, o próximo passo do sistema é verificar se as temperaturas do óleo ou do enrolamento atingiram os valores de disparo pré-definidos para que o sistema de refrigeração entre em operação, isto é, que os ventiladores sejam ligados.

Na figura 3.3, apresenta-se o diagrama que mostra os passos executados pelo sistema para o acionamento ou desligamento do sistema de refrigeração de cada transformador. Este diagrama é idêntico tanto para a verificação da temperatura do óleo como do enrolamento.

A finalidade deste sistema de refrigeração, é evitar que o transformador atinja rapidamente temperaturas elevadas quando submetidos a valores acima do nominal. Dessa forma, é possível ajustar-se a temperatura de disparo de cada estágio do sistema de refrigeração, este dividido em dois estágios, de acordo com as necessidades de operação.

Para verificar se a temperatura do óleo ou do enrolamento, atingiram a temperatura de disparo, cada um desses valores são comparados com a temperatura de disparo do primeiro estágio de refrigeração.

Cada valor de temperatura verificado, faz com que o sistema venha a analisar algumas possibilidades de decisão em função deste valor, como:

a) caso verifique-se que a temperatura do óleo ou do enrolamento atingiu a temperatura de disparo do primeiro estágio de refrigeração, é possível que este estágio já tenha sido

acionado em função da temperatura da outra grandeza, ou em outro caso, o sistema já tenha sido ligado em função da própria temperatura do óleo, na verificação de valores feitos anteriormente.

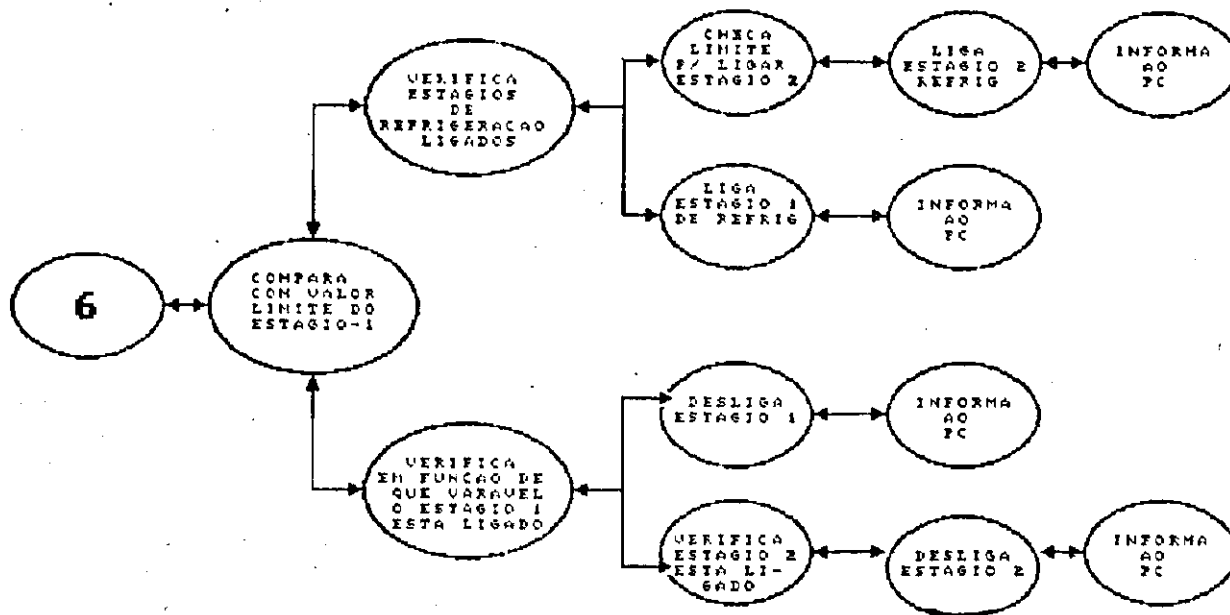


Figura 3.3. Diagrama da etapa de acionamento do sistema de refrigeração

Na figura 3.4, apresenta-se o fluxograma do programa de acionamento do sistema de refrigeração. Este fluxograma é idêntico tanto para análise da temperatura do óleo quanto da temperatura do enrolamento.

Para verificar-se quais os estágios de refrigeração estão ligados, o programa utiliza dois procedimentos, que são:

a.1) para cada estágio de refrigeração de cada transformador que é acionado ou desligado, a operação é registrada em um registrador específico, incrementando ou decrementando o conteúdo

do mesmo. Com esta informação, é possível o sistema precisar se o estágio de refrigeração, não está ligado em função da outra grandeza. Por exemplo, caso a temperatura do enrolamento tenha atingido uma temperatura de disparo do sistema de refrigeração, e este for acionado, no passo seguinte quando for feita a análise da temperatura do óleo, e for verificado que a temperatura está abaixo da temperatura de disparo, o programa deverá ter a informação de que este sistema está acionado em função da temperatura do enrolamento, pois caso contrário, o sistema de refrigeração seria desligado.

a.2) a outra forma que o sistema utiliza para verificar o estado do sistema de refrigeração, é lendo o estado dos contatos existentes no transformador, e que tem a finalidade de indicar se o sistema está ligado ou não.

Caso, após toda análise verifique-se que o sistema está desligado, o mesmo será acionado. Caso já esteja acionado, será feita a comparação desse valor de temperatura com o valor de disparo do segundo estágio, e o processo é idêntico ao de acionamento do primeiro estágio.

Após o acionamento do(s) estágio(s), a informação é enviada para o microcomputador para que a tela seja atualizada.

b) caso seja verificado que a temperatura de uma das grandezas ( óleo ou enrolamento), está abaixo da temperatura de disparo de um dos estágios, o programa irá verificar se tem algum dos estágios acionado, possibilitando assim a existência de duas situações a ser verificada pelo programa, que são:

b.1) caso exista um dos estágios ligados, o programa não irá desligá-lo imediatamente, ao invés disso, irá ler o conteúdo de



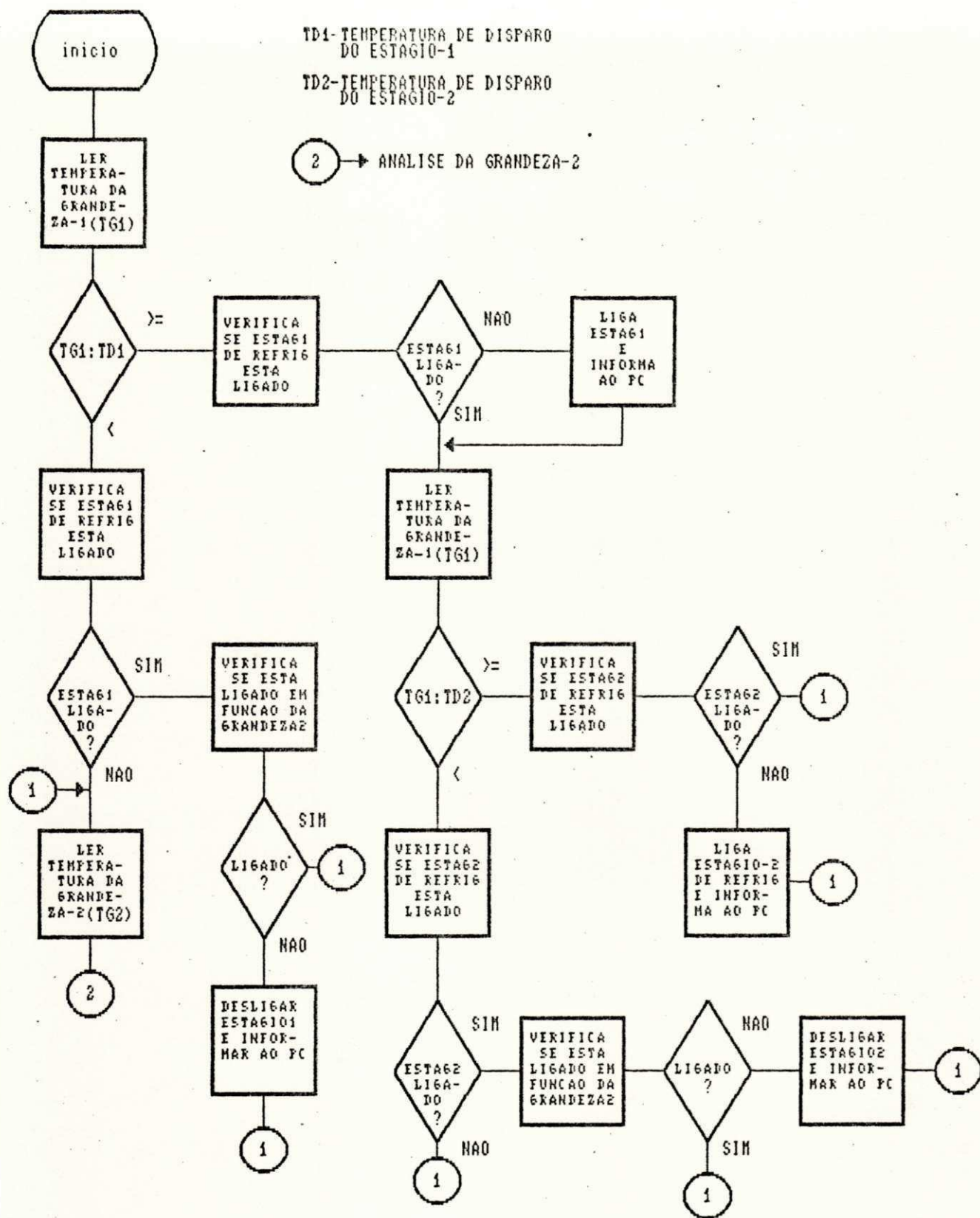


Figura 3.4. Fluxograma do programa de acionamento do sistema de refrigeração

um registrador específico para checar se o sistema de refrigeração não está ligado em função da temperatura da outra grandeza.

b.2) caso a temperatura do óleo (por exemplo), estiver abaixo do limiar de disparo, e o estágio referente estiver ligado, e além disso for verificado que não é em função do enrolamento, este estágio é desligado imediatamente, e a unidade de supervisão é informada.

### III.3. COMUNICAÇÃO ENTRE A PLACA EVB68HC11 E O MICROCOMPUTADOR

Na figura 3.5, apresenta-se em diagrama de blocos estruturados (Schnupp. P et al, 1978 & Arakaki. R et al, 1990), o programa de monitoração executado no microcomputador.

A finalidade deste programa residente na unidade de supervisão, é: gerar telas, calcular a perda de vida útil em cada transformador e armazenar os dados em memória de massa.

Conforme apresenta-se na figura 3.5, após o operador entrar com os valores limite de cada grandeza e apresentar-se a tela com todo o estado do processo, a unidade de supervisão ficará solicitando à unidade de aquisição e controle, novos valores do percentual de carga e temperatura, para a atualização da tela de supervisão.

A periodicidade na atualização da tela, é definida pela unidade de supervisão, através da leitura de seu relógio de tempo real. Assim, sempre que o intervalo de tempo para renovação de dados na tela for atingida, o microcomputador enviará um caracter para placa EVB, para que esta identifique qual grandeza está

sendo solicitada para atualização.

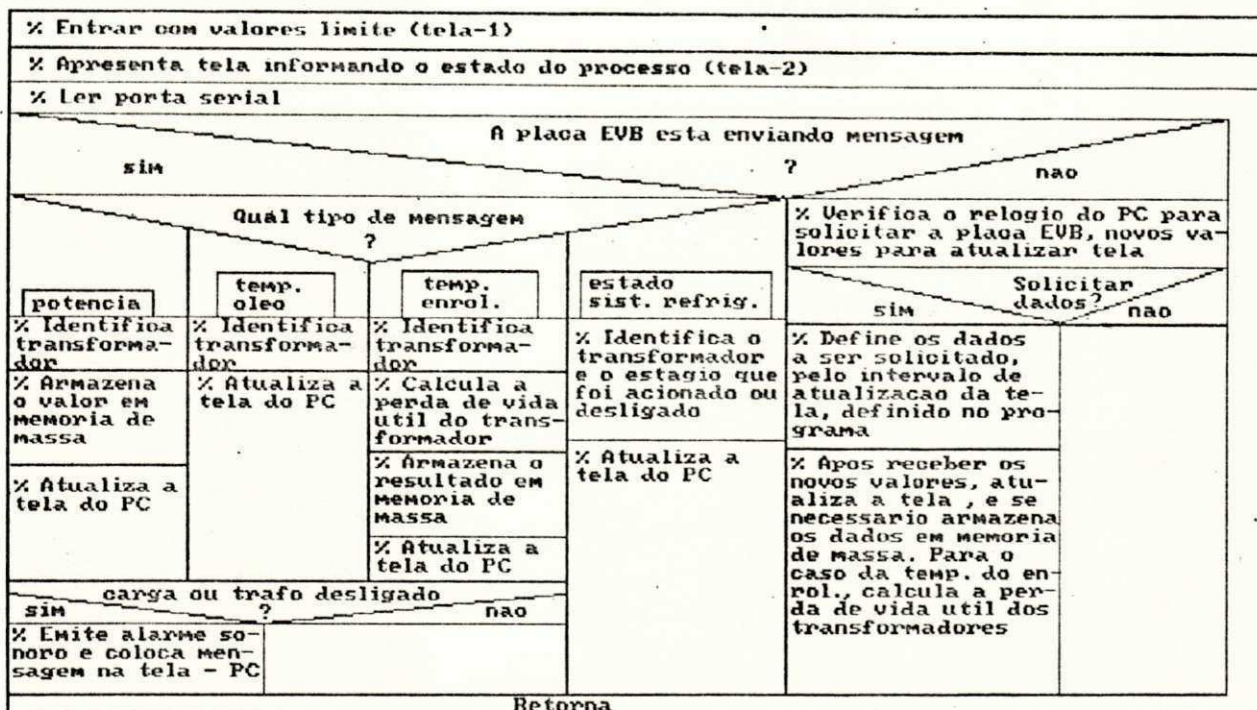


Figura 3.5. Diagrama de blocos estruturados do programa de monitoração executado no microcomputador

O procedimento para esta operação, é executada da seguinte forma: quando a unidade de supervisão verifica que é necessário atualizar uma determinada grandeza (temperatura no enrolamento, por exemplo), este envia um determinado caracter, que representa o tipo de grandeza que é desejada. Este caracter é enviado por um determinado tempo. Este tempo no entanto, pode ser alterado no programa. Para os testes realizados no laboratório, foi estabelecido aproximadamente o tempo de três segundos, este valor no entanto não obedece a nenhum critério, podendo ser modificado em função de análises mais criteriosas de operacionalidade das subestações.

Após a unidade de supervisão enviar o caracter, caso a

unidade de aquisição e controle receba este caracter, o mesmo caracter é devolvido pela unidade de aquisição e controle para a unidade de supervisão, confirmando assim, que recebeu a mensagem e identificou qual a grandeza é desejada para atualização da tela. A seguir, o microcomputador ficará aguardando os dados, os quais, assim que cheguem, serão colocados na tela em seus devidos campos.

Outro procedimento que pode haver, é no caso da unidade de supervisão enviar um caracter por um determinado tempo, e a unidade de aquisição e controle não retornar nenhum caracter. Dessa maneira, a unidade de supervisão interpretará como se no momento, a unidade de aquisição e controle esteja executando uma função com maior prioridade.

Assim, a atualização da tela é controlada pela unidade de supervisão. Entretanto, caso ocorra alguma sobrecarga, e seja necessário fazer o desligamento de carga, a informação, logo após o desligamento da carga, será enviada para o microcomputador, para que este coloque a mensagem na tela e emita um alarme sonoro para que o operador tome conhecimento imediato do ocorrido.

A forma como a unidade de aquisição e controle envia a unidade de supervisão a mensagem de alarme, é idêntica a que a unidade de supervisão utiliza para solicitar novos dados para atualização da tela.

Uma outra informação que é enviada a unidade de supervisão, é no caso em que um dos estágios de refrigeração é acionado ou desligado pela unidade de aquisição e controle. Com esta informação, o operador fica sabendo qual o estado do sistema de refrigeração de cada transformador.



Os valores enviados para a unidade de supervisão, vão no formato ASCII, ou seja, o valor em hexadecimal é transformado para o formato ASCII e assim que chega no microcomputador, é transformado no formato decimal e em seguida convertido em unidade de engenharia, para que seja colocado na tela. Por exemplo: caso o valor a ser enviado para a unidade de supervisão seja igual a 9Fh, a unidade enviará os valores 39h e 46h, pois no formato ASCII, o número 9 corresponde a 39h e F corresponde a 46h. Após estes valores serem convertidos para unidade de engenharia, serão apresentados na tela.

A necessidade de enviar os dados da unidade de aquisição e controle para a unidade de supervisão no formato ASCII, está na necessidade de se ter caracteres de comando, ou seja, como o conversor A/D do microcontrolador é de oito bits, temos 256 valores reais como resultado da conversão, o que ocupa todos os valores da tabela de 00h a FFh, não restando nenhum valor para que seja utilizado para o controle da comunicação. Assim, o valor a ser enviado para o microcomputador, é transformado para o formato ASCII. Por exemplo, caso o valor a ser enviado seja FEh, a placa irá enviar o valor 46 e 45, que na tabela ASCII são exatamente as letras F e E. Esta transformação é feita por uma rotina do programa SCST. Dessa forma, apenas utiliza-se os valores referentes que vão de 0 a 9 e de A a F na tabela ASCII, e o resto dos caracteres podem ser utilizados para controle na comunicação entre o microcomputador e a placa EVB68HC11.

A solicitação de dados pela unidade de supervisão, tem a função de atualizar a tela. Também é feito o armazenamento deste

valores em memória de massa. A finalidade disto, é fornecer ao operador, um histórico do comportamento do fluxo de carga em um período desejado. Assim, são armazenados os valores do percentual de carga em relação a carga nominal de cada transformador, e para o caso do valor da temperatura no enrolamento, possibilite calcular a perda de vida útil em cada transformador, conforme a equação ( equação 1.1) que apresenta-se no capítulo I.

#### III.4. INICIALIZAÇÃO DO SCST

O sistema de supervisão e controle de sobrecarga, está dividido em dois programas, que são:

a) o programa SCST (Supervisão e Controle de Sobrecarga em Transformadores), que está escrito em linguagem assembly (Motorola, 1988), é executado pela unidade de aquisição e controle (placa EVB68HC11). Este programa implementa as funções de supervisão e controle de sobrecarga, que vai desde a aquisição dos sinais, até se necessário, o desligamento de todos os transformadores;

b) o programa MONIT, que está escrito em linguagem C (Turbo C, 1988), é executado pela unidade de supervisão. Este programa tem o objetivo de gerar telas para manter o operador informado do estado do processo, além de calcular e armazenar o percentual da perda de vida útil de cada transformador.

A inicialização do sistema, segue os seguintes passos:

a) o programa SCST, deve ser enviado para a unidade de aquisição e controle. Para isso, é utilizado o programa para comunicação serial chamado Kermit. Este programa serve apenas

para enviar o programa SCST para a placa EVB68HC11, para que seja feita a inicialização. Assim, após o programa ser transferido para unidade de aquisição e controle, o operador deve abandonar o programa de comunicação serial **kermit**.

b) com o programa SCST já alocado na unidade de aquisição e controle, deve ser dado o comando para que o mesmo inicie a execução. Entretanto, após dado o comando para execução do programa, o mesmo não inicia imediatamente o controle de sobrecarga. Antes disso, o programa ficará aguardando a entrada de valores limite necessários para a operação, os quais são enviados pela unidade de supervisão.

c) a entrada dos valores limite para a operação do sistema, é feito da seguinte forma: após ter dado o comando para execução do SCST, deve-se chamar o programa MONIT. Este programa exhibe inicialmente um tela solicitando do operador os valores limite da corrente, da temperatura do óleo e do enrolamento e os valores de temperatura para acionamento do primeiro e segundo estágio de refrigeração. Após todos estes valores terem sido enviados, o programa SCST alocado na unidade de aquisição e controle, iniciará, o controle de sobrecarga nos transformadores.

d) com os valores limites de cada grandeza enviados para a unidade de aquisição e controle, apresenta-se ao operador, uma tela (ver figura 3.6), onde mostra todo comportamento do processo, ou seja, as correntes e temperaturas do óleo e do enrolamento em cada transformador, além do estado do sistema de refrigeração e dos disjuntores associados as cargas e aos transformadores.



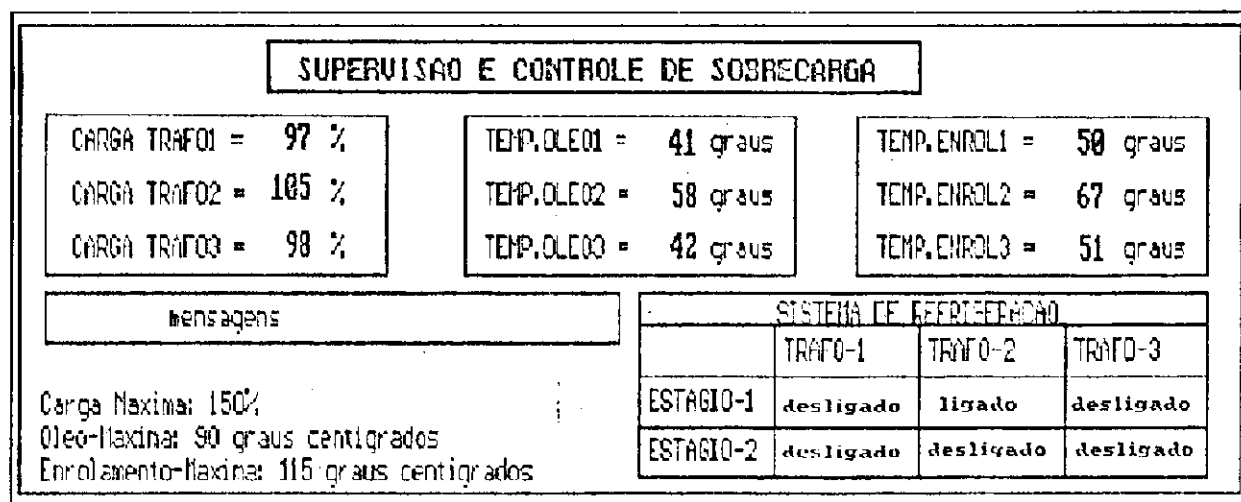


Figura 3.6. Tela do Sistema de Supervisão e Controle de Sobrecarga - SCST

### III.5. DEPURAÇÃO DO SOFTWARE DO SCST

Para depuração do programa SCST, utilizou-se o programa monitor da placa EVB68HC11, denominado: Bit User Fast Friendly Aided Logical Operating (BUFFALO), o qual fica armazenado na memória EPROM da própria placa.

A depuração foi dividida em duas partes, onde na primeira é feita a análise dos valores adquiridos pelo conversor A/D, comparando-os a valores limite de cada grandeza, e na segunda parte, é feito o teste para o acionamento do sistema de refrigeração.

Para depuração do programa MONIT, utilizou-se o depurador do turbo-C (Schildt. H, 1988).

Nesta capítulo apresentou-se a estrutura do software utilizado para desempenhar as funções de supervisão e controle de sobrecarga em transformadores de potência. A seguir apresenta-se

como foi feita a avaliação do sistema em laboratório.

## CAPÍTULO IV

### AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SOBRECARGA

Com a impossibilidade de se avaliar o Sistema de Supervisão e Controle de Sobrecarga em uma subestação em virtude de não se dispor de uma subestação onde fosse possível fazer os testes, foi necessária a elaboração de um circuito para simular os sinais analógicos, assim como, os sinais digitais. Neste capítulo apresenta-se a forma como foi avaliado o sistema..

#### IV.1. CIRCUITO PARA SIMULAR O SISTEMA ELÉTRICO

Os sinais de corrente e temperatura a serem convertidos, foram simulados, utilizando-se circuitos divisores de tensão, como mostra a figura 4.1.

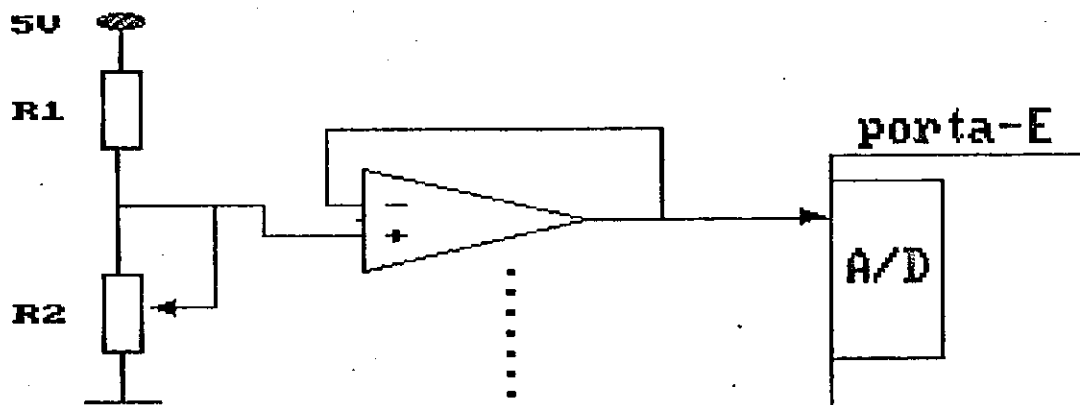


Figura 4.1. Divisor de tensão para simular os sinais analógicos

No circuito de simulação, foi considerado que o sistema iria

controlar uma subestação com três transformadores, por este motivo, foram montados nove circuitos divisores de tensão, pois como são: três correntes, três valores de temperatura do óleo e três do enrolamento foi necessário simular nove sinais analógicos.

Os sinais digitais foram simulados utilizando-se flip-flops (4043), conforme mostra a figura 4.2. O estado do disjuntor simulado, é lido na saída do flip-flop, ou seja, quando o comando para desligar o disjuntor é enviado, o sinal na saída do flip-flop vai para nível lógico alto (5.0 Volts), permitindo que o transistor conduza e acenda o led. Com o nível alto na saída do flip-flop, a placa ao fazer a leitura, irá interpretar isto como o disjuntor desligado ou se for na análise do sistema de refrigeração, será interpretado com sistema ligado. O acendimento do led na placa para simular o sistema elétrico, tem a finalidade de facilitar a confirmação nos testes, mostrando que realmente o sinal foi enviado.

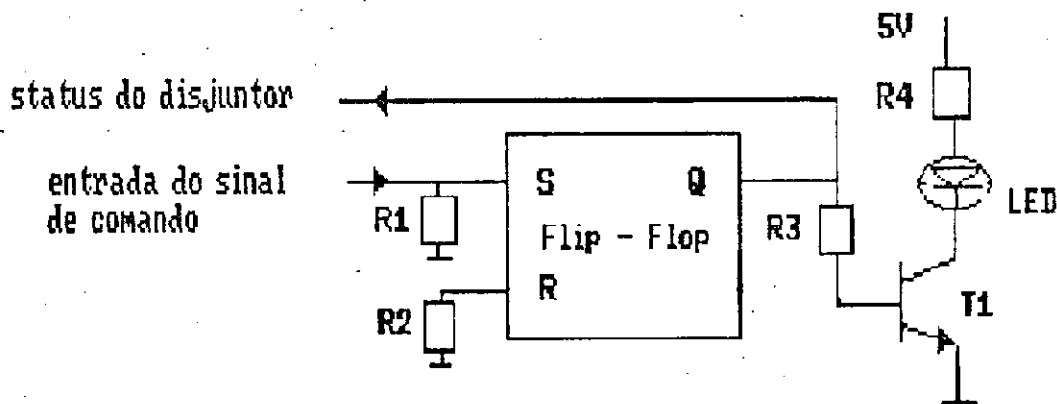


Figura.4.2 - Circuito para simular um disjuntor

Como são doze sinais digitais, foram montados doze circuitos deste, com a diferença apenas na entrada de reset do flip-flop. Isto se deve ao fato dos circuitos que simulam os estágios de refrigeração ter suas entradas de reset ligadas a placa EVB, pois o sistema de supervisão e controle pode ligar ou desligar os estágios de refrigeração, enquanto que os circuitos que simulam os disjuntores das cargas, são apenas desligados pelo sistema.

O motivo pelo qual os circuitos que simulam os disjuntores de carga, não tem suas entradas de reset ligadas a placa, deve-se ao fato que em uma subestação, para armar um disjuntor, só pode ser feita manualmente pelo operador.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES

Apresentou-se neste trabalho, as considerações e a configuração de um sistema de supervisão e controle de sobrecarga em transformadores de potência, com a finalidade de otimizar o funcionamento dos transformadores de um sistema elétrico. Este sistema possibilita o controle da perda de vida útil destes transformadores e permite que se utilize os transformadores o mais próximo possível de sua capacidade máxima, além de fornecer informações para melhor modelar seu comportamento térmico.

O sistema de supervisão e controle de sobrecarga foi projetado para subestações com até três transformadores. Esta quantidade foi definida em função da possibilidade deste sistema ser colocado em uma subestação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), e que foi definida como provável, uma subestação com três transformadores. Entretanto, o acréscimo de mais transformadores não traz maiores complicações na modificação do hardware, e nem do software, já que serão feitos apenas o acréscimo de multiplexadores e inserir mais algumas rotinas no programa SCST.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. M., et al, " Aplicação de Carregamento Acima do Nominal de Placa em Transformadores de Potência". Experiência da CHESF, 1986.
- Alves, J., et al, " Supervisão, Controle e Proteção de Carregamento em Transformadores de Grande - Porte " - Experiência da CEMIG, 1989.
- Almeida, S. et al. " Supervisão e Controle de Sobrecarga em Transformadores de Potência Baseado em Microcontrolador ". 8º Congresso Brasileiro de Automática - 8º CBA.
- Arakaki. R., et al, " Fundamentos de Programação em C - Técnicas e Aplicações ", 1990.
- De Melo, C. P., " Carga Suportável por Transformadores de Força Imersos em Óleo Pelo Critério de Perda de Vida do Isolamento " - Tese de Mestrado - UFMG - 1981.
- Irigoyen, U. G. "Transformadores - Manutenção e Confiabilidade". Tecnews - Atualidades Tecnológicas - Nov 1989.
- Kull, U. N., et al, " Sobrecarga e Vida Útil em Transformadores ". VIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - maio de 1986.



Motorola, (1988). " HCMOS Single Chip Microcontroler ".

Motorola, (1986). " M68HC11EVB Evaluation Board User's Manual".

Norma Brasileira, ABNT - NBR-5416. " Aplicação de Carga em Transformadores de Potência - 1981.

Poyser, T. D., et al, " An On-Line Microprocessor Based Transformer Analysis System to Improve the Availability and Utilization of Power Transformers " - Abril de 1983.

Poyser, T. D., et al, " On-Line Monitoring of Power Transformers " - janeiro de 1985.

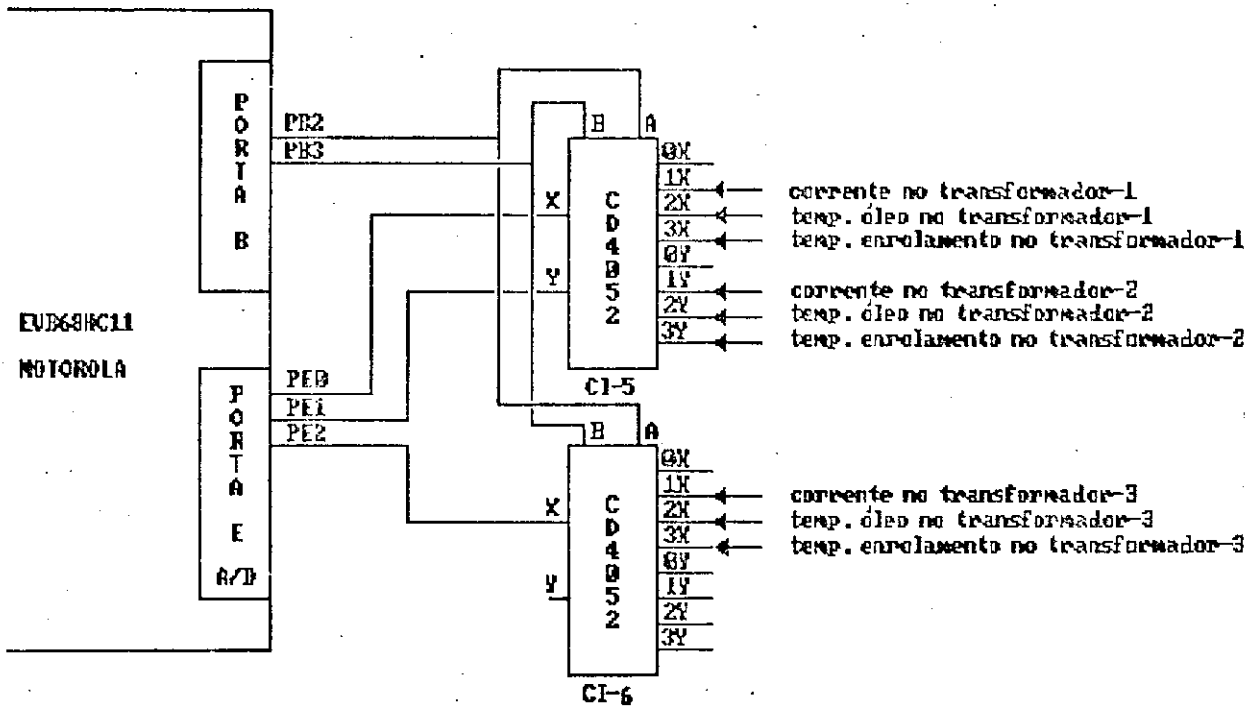
SCEL, GTEE & GCOI. " Critérios e Procedimentos para Determinação de Limites de Carregamento em Unidades Transformadoras ". CHESF - 1986.

Schildt. H, " Turbo C - Guia do Usuário ", 1988.

Schinupp. P et al, " Software - Programmentwicklung und Projektorganisation ", 1978.

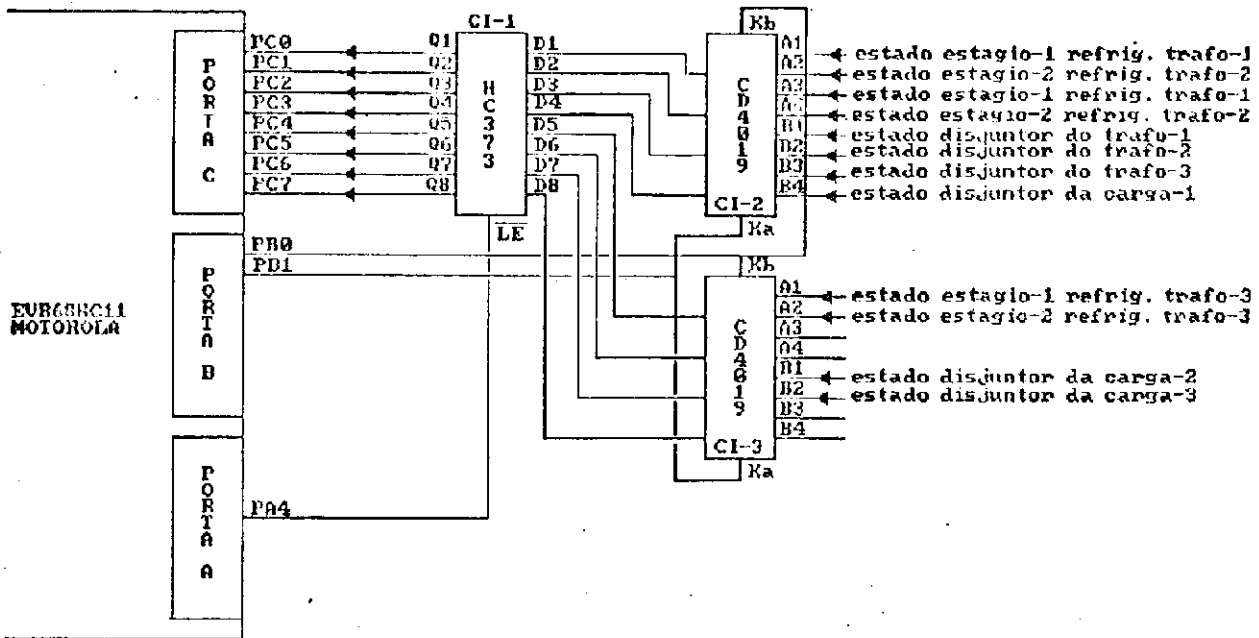
Turbo-C." Reference Guide Version 2.0 ". Borland International, 1988.

ANEXO A



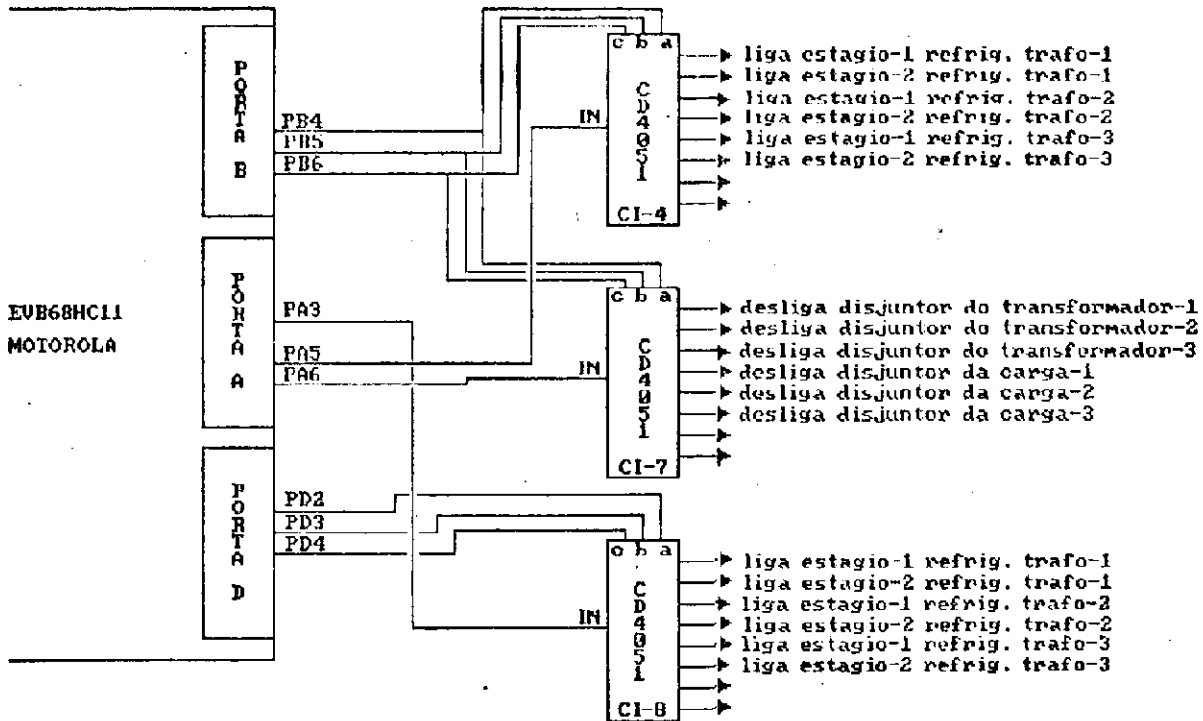
Detalhamento do diagrama de blocos do circuito para aquisição dos sinais analógicos

ANEXO B



Detalhamento do diagrama de blocos do circuito para leitura dos sinais digitais

ANEXO C



Detalhamento do diagrama de blocos do circuito para envio de comando

ANEXO D

\*\*\*\*\*  
 \* PROGRAMA PRINCIPAL: Programa do Sistema de supervisão e  
 Controle de Sobrecarga em Transformadores de Potência Baseado no  
 microcontrolador 68HC11 da Motorola \*

\*\*\*\*\*

```

PORTA EQU $1000
PORTB EQU $AEC0
PORTC EQU $AEC2
PORTD EQU $1008
CONV EQU $1030
CPUN EQU CONV+$01
CPDE EQU CONV+$02
CPTR EQU CONV+$03
POS1 EQU $D001
POS2 EQU $D002
POS3 EQU $D003
POS4 EQU $D004
POS5 EQU $D005
COUNT1 EQU $2010
COUNT2 EQU $2011
COUNT3 EQU $2012
PIACRA EQU $AEC1
PIACRB EQU $AEC3
OUTACIA EQU $E4AD ;rotina p/ escrita de dados pela porta
;serial.
INACIA EQU $E47A ;rotina p/ leitura de dados pela porta
;serial.
CROT1 EQU $D010
CRET1 EQU $D011
ACIA EQU $9800

ORG $C000
CLR COUNT1
CLR COUNT2
CLR COUNT3
CLR CROT1 ;cond. do sist. refrig. em função do óleo
CLR CRET1 ;cond. do sist. refrig. em função do
;enrolam.

```

\*\*\*\*\*

\* formato da comunicação serial da placa EVB68HC11 e o PC \*

\*\*\*\*\*

```

LDX #ACIA
LDAA #$16
STAA 0,X ;8-bits 1-stop
*****
LDAA #$01 ;valor maximo de corrente
LOOP1 BITA ACIA
BEQ LOOP1
LDAA 1,X
STAA POS1

```

```

LDY      #$00
LOOP2    INY
        LDAA      #$40
        JSR      OUTACIA
        CPY      #$FF
        BNE      LOOP2
*****
        LDAA      #$01      ;temp. maxima do óleo
LOOP3    BITA      ACIA
        BEQ      LOOP3
        LDAA      1,X
        STAA     POS2
        LDY      #$00
LOOP4    INY
        LDAA      #$40
        JSR      OUTACIA
        CPY      #$FF
        BNE      LOOP4
*****
        LDAA      #$01      ;temp. maxima do enrolam.
LOOP5    BITA      ACIA
        BEQ      LOOP5
        LDAA      1,X
        STAA     POS3
        LDY      #$00
LOOP6    INY
        LDAA      #$40
        JSR      .OUTACIA
        CPY      #$FF
        BNE      LOOP6
*****
        LDAA      #$01      ;temp. p/ ligar estag-1 de refrigeração
LOOP7    BITA      ACIA
        BEQ      LOOP7
        LDAA      1,X
        STAA     POS4
        LDY      #$00
LOOP8    INY
        LDAA      #$40
        JSR      OUTACIA
        CPY      #$FF
        BNE      LOOP8
*****
        LDAA      #$01      ;temp. p/ ligar estag-2 de refrigeração
LOOP9    BITA      ACIA
        BEQ      LOOP9
        LDAA      1,X
        STAA     POS5
        LDY      #$00
LOOP10   INY
        LDAA      #$40
        JSR      OUTACIA
        CPY      #$FF
        BNE      LOOP10
*****

```

```

Q2      CLR      PORTA
        CLR      $00
        CLR      $02
        CLR      $04
        CLR      $08
        CLR      $09
        JSR      PIA
        LDAB     #$00
        STAB     PORTB
        LDAB     #$04      ;habilita MUX p/ leitura da corrente
        STAB     PORTB
        JSR      a      ;conversão A/D das variáveis (corrente)
        JSR      b      ;armazenar valor da corrente convertido
                        ;p/digital
        JSR      c      ;comparar c/ valor limite de corrente
        CLR      $08
        CLR      $09
        JSR      carga ;verifica se o microcomputador solicita
                        ;dados
        LDAB     #$08      ;habilita MUX p/ leitura da temp. do óleo
        STAB     PORTB
        JSR      a      ;conversão A/D das variáveis (temp. óleo)
        JSR      ARMO    ;armazenar valor da temp. do óleo
        JSR      CVLO    ;comparar c/ valor limite da temp. do
                        ;óleo
        JSR      oleo    ;verifica se o microcomputador solicita
                        ;dados
        LDAB     #$0C      ;habilita MUX p/leitura da temp. do
                        ;enrolamento
        STAB     PORTB
        JSR      a      ;conversão A/D das variáveis (temp.
                        ;enrolam.)
        JSR      ARME    ;armazenar valor da temp. do enrolamento
        JSR      CVLE    ;comparar c/ valor limite da temp. do
                        ;enrolam
        JSR      ENROL   ;verifica se o microcomputador solicita
                        ;dados
        JSR      SREFO    ;sistema de refrigeração (óleo)
        JSR      SREFE    ;sistema de refrigeração (enrol)
        BRA      Q2

```

```

*****
* SUB-ROTINA A: Conversão A/D dos sinais referentes a corrente *
* e temperatura *
*****

```

```

a      LDAA     #$10
        STAA     CONV
k      TST      CONV      ;n=1 se msb=1
        BPL     k        ;se n=0
        RTS

```

```

*****
* SUB-ROTINA B: Armazena valor da corrente convertido p/ *
* digital *
*****

```

```

b      LDAA     CPDE
        STAA     $01

```





```

*****
* SUB-RQ2: Verifica o número de amostras que indicaram *
*      sobrecarga *
*****

```

```

RQ2      INC      COUNT2
         LDAB     COUNT2
         CMPB     #$03
         BMI      VOLTA1
         JSR      SS
         JSR      RQO
         CLR      COUNT2

```

```
VOLTA1  RTS
```

```

*****
* SUB-RQ3: Verifica o número de amostras que indicaram *
*      sobrecarga *
*****

```

```

RQ3      INC      COUNT3
         LDAB     COUNT3
         CMPB     #$03
         BMI      VOLTA2
         JSR      SS
         JSR      RQE
         CLR      COUNT3

```

```
VOLTA2  RTS
```

```

*****
* sub-rotina RQX: Verifica qual carga já foi retirada *
*****

```

```

RQX      ANDA     #$38
         CMPA     #$18           ;Verifica se todas as cargas foram
                                ;retiradas

         BHI      DSIS
         BRA      V12
DSIS     JMP      RTT           ;retirada de todos os transformadores
V12     BMI      DQ12
         BRA      DQ3
DQ12    JSR      RTQ           ;Retirada de carga(s)
         BRA      LACO1
DQ3     JSR      PIA
         LDAB     #$50
         STAB     PORTB
         LDAB     #$40
         STAB     PORTA       ;Desliga carga 3
         CLR      PORTA
         JSR      e
         JSR      DADOS
         JSR      INFO3       ;Informa PC carga 3 retirada
LACO1   RTS

```

```

*****
* SUB-RQO: Verifica qual carga já foi retirada *
*****

```

```

RQO      ANDA     #$38
         CMPA     #$18           ;Verifica se todas as cargas foram
                                ;retiradas

```

```

        BHI      DESL1
        BRA      DESL2
DESL1  JMP      RTT      ;retirada de todos os transformadores
DESL2  BMI      DESL3
        BRA      DESL4
DESL3  JSR      RTQO     ;Retirada de carga(s)
        BRA      LACO2
DESL4  JSR      PIA
        LDAB     #$50
        STAB     PORTB
        LDAB     #$40
        STAB     PORTA   ;Desliga carga 3
        CLR      PORTA
        JSR      COHA
        JSR      ETO
        JSR      INFO3   ;Informa PC carga 3 retirada
LACO2  RTS
*****
* SUB-RTT: Desliga todos os transformadores *
*****
RTT    LDAA     #$40
        STAA     PORTA
        LDAA     #$00
        STAA     PORTB
        LDAA     #$10
        STAA     PORTB
        LDAA     #$20
        STAA     PORTB
        JSR      ss
        ANDA     #$07
        CMPA     #$07
        BNE     RTT
        JSR      e
        JSR      DAD0S
        JSR      INFO4
        SWI
*****
* SUB-RTQ: Retira uma ou duas cargas *
*****
RTQ    CMPA     #$08
        BEQ     DQ2
        JSR     PIA
        LDAB     #$30
        STAB     PORTB
        LDAB     #$40
        STAB     PORTA   ;Desliga carga 1
        CLR     PORTA
        JSR     e
        JSR     DADOS
        JSR     INFO1   ;Informa PC carga 1 retirada
        RTS
DQ2    JSR     PIA
        LDAB     #$40
        STAB     PORTB
        LDAB     #$40

```

```

STAB PORTA          ;Desliga carga 2
CLR  PORTA
JSR  e
JSR  DADOS
JSR  INFO2          ;Informa PC carga 2 retirada
RTS

```

```

*****
* SUB-RTQO: Retira uma ou duas cargas *
*****

```

```

RTQO  CMPA    #$08
      BEQ     DESL5
      JSR     PIA
      LDAB   #$30
      STAB   PORTB
      LDAB   #$40
      STAB   PORTA          ; Desliga carga 1
      CLR    PORTA
      JSR    COHA
      JSR    ETO
      JSR    INFO1          ; Informa PC carga 1 retirada
      RTS

```

```

DESL5 JSR     PIA
      LDAB   #$40
      STAB   PORTB
      LDAB   #$40
      STAB   PORTA          ; Desliga carga 2
      CLR    PORTA
      JSR    COHA
      JSR    ETO
      JSR    INFO2          ; Informa PC carga 2 retirada
      RTS

```

```

*****
* SUB-ROTINA DADOS: Envia os dados ( potência) pela porta *
*                      'serial'                               *
*****

```

```

DADOS  LDY     #$00
DADOS1 INY
      CPY     #$2F
      BEQ     PARO
      PSHY
      LDAA   #$40          ; "e"
      JSR    OUTACIA
      JSR    DELAY
      JSR    INACIA
      CMPA   #$40
      PULY
      BNE    DADOS1
      LDAA   $08
      JSR    OUTACIA
Q1     LDAA   #$40
      JSR    OUTACIA
      JSR    DELAY
      JSR    INACIA
      CMPA   #$40
      BNE    Q1

```

```

LDAA    $09
JSR     OUTACIA
PARO    RTS
*****
* SUB-ETO: Envia os dados (óleo) pela porta serial *
*****
ETO     LDY     #$00
ETO1    INY
        CPY     #$2F
        BEQ     PARA
        PSHY
        LDAA    #$25      ; " "
        JSR     OUTACIA
        JSR     DELAY
        JSR     INACIA
        CMPA   #$25
        PULY
        BNE     ETO1
        LDAA    $08
        JSR     OUTACIA
Q3      LDAA    #$25
        JSR     OUTACIA
        JSR     DELAY
        JSR     INACIA
        CMPA   #$25
        BNE     Q3
        LDAA    $09
        JSR     OUTACIA
PARA    RTS
*****
* SUB-ROTINA E: Armazena o dado no registrador D *
*****
e       LDD     $00
        JSR     ASCII
        RTS
*****
* SUB-COHA: Armazena o dado no registrador D *
*****
COHA    LDD     $02
        JSR     ASCII
        RTS
*****
* SUB-CEHA *
*****
CEHA    LDD     $04
        JSR     ASCII
        RTS
*****
* SUB-ROTINA ASCII: Converte o dado p/ o formato ASCII *
*****
ASCII   LSLD
        LSLD
        LSLD
        LSLD
        CMPA   #$0A

```

```

BHS L1 * ACCX >= M *
ADDA #$30
STAA $08
JMP L2
L1 ADDA #$37
STAA $08
L2 LSRB
LSRB
LSRB
LSRB
CMPB #$0A
BHS L3
ADDB #$30
TBA
STAA $09
JMP L4
L3 ADDB #$37
TBA
STAA $09
L4 RTS
*****
* sub-ss Direciona PIA para leitura de STATUS de carga e trafos *
*****
SS JSR PIA
LDAB #$01
STAB PORTB
LDAA #$10
STAA PORTA
LDAA #$00
STAA PIACRB
LDAA #$00
STAA PORTC
LDAA #$04
STAA PIACRB
LDAA PORTC
RTS
*****
* sub-rotina pia porta B como saída de dados *
*****
PIA LDAA #$00 ;zera o contol register da pia
STAA PIACRA
LDAA #$FF ;seleciona todos os pinos num
;mesmo sentido
STAA PORTB
LDAA #$04 ;direciona p/saída
STAA PIACRA
LDAA #$00
STAA PORTB
RTS
*****
* SUB-INFO3: Informa ao PC que a carga 3 foi desligada *
*****
INFO3 LDY #$00
INFO31 INY
CPY #$7F

```



```

      BEQ      PP4
      PSHY
      LDAA     #$2A          ; "*"
      JSR     OUTACIA
      JSR     DELAY
      JSR     INACIA
      CMPA    #$2A
      BNE     INFO31
      LDAA    #$23          ;Envia "#" p/ indicar final de
                          ;mensag.

      JSR     OUTACIA

```

```

PP4   RTS
*****
* SUB-INFO2: Informa ao PC que a carga 2 foi desligada *
*****

```

```

INFO2 LDY      #$00
INFO21 INY
      CPY      #$7F
      BEQ      PP3
      PSHY
      LDAA     #$54          ; "T"
      JSR     OUTACIA
      JSR     DELAY
      JSR     INACIA
      CMPA    #$54
      PULY
      BNE     INFO21
      LDAA    #$23
      JSR     OUTACIA      ;Envia "#" p/ indicar final de
                          ;mensag.

```

```

PP3   RTS
*****
* SUB-INFO1: Informa ao PC que a carga 1 foi desligada *
*****

```

```

INFO1 LDY      #$00
INFO11 INY
      CPY      #$7F
      BEQ      PP1
      PSHY
      LDAA     #$29          ; ")"
      JSR     OUTACIA
      JSR     DELAY
      JSR     INACIA
      CMPA    #$29
      PULY
      BNE     INFO11
      LDAA    #$23          ;Envia "#" p/indicar final de
                          ;mensag.

      JSR     OUTACIA

```

```

PP1   RTS
*****
* SUB-INFO4: Avisa ao PC que todos os transformadores *
*           foram desligados *
*****
INFO4 LDY      #$00

```

```

INFO41  INY
        CPY      #$7F
        BEQ      PP2
        PSHY
        LDAA     #$28          ; "("
        JSR      OUTACIA
        JSR      DELAY
        JSR      INACIA
        CMPA     #$28
        PULY
        BNE      INFO41
        LDAA     #$23          ;Envia "#" p/ indicar final de
                                ;mensagem

        JSR      OUTACIA
PP2      RTS
*****
* SUB-DELAY 3,1458 SEG *
*****
DELAY   ldx      #$0f
V2      ldy      #$0fff
V3      dey
        cpy      #$00
        bne      V3
        dex
        cpx      #$00
        bne      V2
        rts
*****
* SUB-RQE: Verifica qual carga já foi retirada *
*****
RQE     ANDA     #$38
        CMPA     #$18          ;Verifica se todas as cargas foram
                                ;retiradas

        BHI      DES1
        BRA      DES2
DES1    JMP      RTT          ;retirada de todos os transformadores
DES2    BMI      DES3
        BRA      DES4
DES3    JSR      RTQE        ;Retirada de carga(s)
        BRA      LACOW
DES4    JSR      PIA
        LDAB     #$50
        STAB     PORTB
        LDAB     #$40
        STAB     PORTA        ;Desliga carga 3
        CLR      PORTA
        JSR      CEHA
        JSR      ETE
        JSR      INFO3        ;Informa PC carga 3 retirada
LACOW   RTS
*****
* SUB-RTQE: Retira uma ou duas cargas *
*****
RTQE    CMPA     #$08
        BEQ      DES5

```



```

JSR      PIA
LDAB    #$30
STAB    PORTB
LDAB    #$40
STAB    PORTA      ; Desliga carga 1
CLR     PORTA
JSR     CEHA
JSR     ETE
JSR     INFO1      ; Informa PC carga 1 retirada
RTS

DES5    JSR      PIA
LDAB    #$40
STAB    PORTB
LDAB    #$40
STAB    PORTA      ; Desliga carga 2
CLR     PORTA
JSR     CEHA
JSR     ETE
JSR     INFO2      ; Informa PC carga 2 retirada
RTS

```

```

*****
* SUB-ETE: Envia os dados (enrol.) pela porta serial *
*****

```

```

ETE     LDY      #$00
ETE1    INY
        CPY      #$2F
        BEQ      PARA1
        PSHY
        LDAA     #$2F      ; "/"
        JSR     OUTACIA
        JSR     DELAY
        JSR     INACIA
        CMPA    #$2F
        PULY
        BNE     ETE1
        LDAA    $08
        JSR     OUTACIA
Q4      LDAA     #$2F
        JSR     OUTACIA
        JSR     DELAY
        JSR     INACIA
        CMPA    #$2F
        BNE     Q4
        LDAA    #$09
        JSR     OUTACIA

```

```

PARA1   RTS
*****
* sub-CARGA: Verifica se o PC solicita novos dados p/ tela *
*****

```

```

carga   LDX      #$00
tempo2  LDY      #$00
        PSHX
tempo1  INY
        LDAA    #$00
        JSR     INACIA

```

```

        CMPA      #$40
        BEQ      DEVOL
        CPY      #$FFF
        BNE      tempo1
        PULX
        INX
        CPX      #$2F
        BNE      tempo2
        BRA      RODA
DEVOL   PULX
        LDY      #$00
TOV     INY
        LDAA     #$40
        JSR     OUTACIA
        CPY     #$0A
        BNE     TOV
        JSR     PIA
        LDAB    #$00
        STAB    PORTB
        LDAB    #$04                ;Habilita MUX p/ leitura de
                                    ;potência
        STAB    PORTB
        JSR     a
        JSR     b
        JSR     e
        LDAA    $08
        JSR     OUTACIA
QX      LDAA    #$40
        JSR     OUTACIA
        JSR     DELAY
        JSR     INACIA
        CMPA    #$40
        BNE     QX
        LDAA    $09
        JSR     OUTACIA
RODA    RTS
*****
* SUB-OLEO: Verifica se o PC solicita novos dados p/ tela *
*****
oleo    LDX     #$00
tempo4  LDY     #$00
        PSHX
tempo3  INY
        LDAA    #$00
        JSR     INACIA
        CMPA    #$25
        BEQ     DEVOL1
        CPY     #$FFF
        BNE     tempo3
        PULX
        INX
        CPX     #$2F
        BNE     tempo4
        BRA     RODE
DEVOL1  PULX

```

```

LDAA    #$25
JSR     OUTACIA
JSR     PIA
LDAB    #$00
STAB    PORTB
LDAB    #$08      ;Habilita MUX p/ leitura da temp. do óleo
STAB    PORTB
JSR     a
JSR     ARMO
JSR     COHA
LDAA    $08
JSR     OUTACIA
QY      LDAA    #$25
JSR     OUTACIA
JSR     DELAY
JSR     INACIA
CMPA    #$25
BNE     QY
LDAA    $09
JSR     OUTACIA
RODE    RTS
*****
* sub-ENROL: Verifica se o PC solicita novos dados p/ tela *
*****
ENROL   LDX     #$00
tempo2  LDY     #$00
        PSHX
tempo1  INY
        LDAA    #$00
        JSR     INACIA
        CMPA    #$2F
        BEQ     DEVOL
        CPY     #$FFF
        BNE     tempo1
        PULX
        INX
        CPX     #$2F
        BNE     tempo2
        BRA     RODA
DEVOL   PULX
        LDY     #$00
TOV     INY
        LDAA    #$2F
        JSR     OUTACIA
        CPY     #$0A
        BNE     TOV
        JSR     PIA
        LDAB    #$00
        STAB    PORTB
        LDAB    #$0C      ;Habilita MUX p/ leitura da temp. enrol.
        STAB    PORTB
        JSR     a
        JSR     ARME
        JSR     CEHA
        LDAA    $08

```

```

QX      JSR      OUTACIA
        LDAA     #$2F
        JSR      OUTACIA
        JSR      DELAY
        JSR      INACIA
        CMPA     #$2F
        BNE     QX
        LDAA     $09
        JSR      OUTACIA
RODA    RTS
*****
* SUB-SREFO *
*****
SREFO   LDAA     $03
        CMPA     POS4          ;temperatura de acionamento sist.
                                ;refrig.
        BHS     ret3
        BMI     ret6
ret3    JSR      F
        RTS
ret6    JSR      P
        RTS
*****
* SUB - P *
*****
P       JSR      s
        LDAB     #$01
        CMPB     CRET1
        BEQ     ret8          ;LER STATUS SIST. REFRIG.
                                ;SE IGUAL, S.REFRIG. 1E LIG. EM
                                ;FUNC. ENROL.
        ANDA     #$03
        CMPA     #$01
        BMI     FINAL        ;SE MENOR, TUDO DESL. EM FUNC.
                                ;OLEO E ENROL.
        BPL     ret9          ;1E E 2E LIG. EM FUNC. DO OLEO
        LDAB     #$1C
        STAB     $1009
        LDAB     #$04
                                ;ENDER. 1E TRAF0-1 P/ SER
                                ;DESLIGADO
        STAB     PORTD
        LDAA     #$08
        STAA     PORTA        ;DESLIGA 1E TRAF0-1 apagaled 8.
        DEC     CROT1
        JSR      MASR2
                                ;AVISA PC 1E TRAF0-1 FOI
                                ;DESLIGADO
ret8    BRA     FINAL
        JSR      DS
        RTS
ret9    JSR      Q
FINAL   RTS
*****
* SUB - DS *
*****
DS      ANDA     #$03
        CMPA     #$01

```

```

BLS      LOOP13      ;SE <= ESTA LIGADO 1E TRAF0-1
LDAB     #$1C
STAB     $1009
LDAA     #$08
STAA     PORTA
LDAB     #$08
STAB     PORTD      ;DESLIGA 2E TRAF0-1 apaga led 7.
DEC      CROT1
JSR      MASR3      ;AVISA PC 2E TRAF0-1 FOI
                          ;DESLIGADO

LOOP13   RTS
*****
* SUB - Q *
*****
Q        LDAB     #$1C
          STAB     $1009
          LDAA     #$08
          STAA     PORTA
          LDAB     #$08
          STAB     PORTD      ;DESLIGA 2E DE REFRIG. TRAF0-1 -
                          ;apaga 7.

          DEC      CROT1
          JSR      MASR3      ;AVISA PC 2E TRAF0-1 FOI
                          ;DESLIGADO

          LDAB     #$04
          STAB     PORTD      ;DESLIGA 1E DE REFRIG. TRAF0-1 -
                          ;apaga 8.

          DEC      CROT1
          JSR      MASR2      ;AVISA PC 1E TRAF0-1 FOI
                          ;DESLIGADO

          RTS
*****
* SUB - F *
*****
F        JSR      s        ;LER STATUS DO SISTEMA DE
                          ;REFRIGERACAO

          ANDA     #$03
          CMPA     #$01
          BEQ      ret7
          BPL      VT2E

          JSR      PIA
          LDAB     #$00
          STAB     PORTB
          LDAB     #$20
          STAB     PORTA      ;ACIONA 1E DE REFRIG. TRAF0-1 -
                          ;led 8.

          INC      CROT1
          JSR      MASR
          BRA      FIM
VT2E     LDAB     #$02
          CMPB     CRET1      ;VERIFICA SE A TEMPERATURA DO
                          ;OLEO ESTA
                          ;MENOR QUE 60xC.

          BEQ      FIM
          LDAA     $03

```

```

        CMPA    POS5
        BPL     FIM
        LDAB    #$1C
        STAB    $1009
        LDAA    #$08
        STAA    PORTA
        LDAB    #$08
        STAB    PORTD
                                ;DESLIGA 2E REFRIG EM FUNC. DO
                                ;OLEO

        DEC     CROT1
        JSR     MASR3
ret7    JSR     G
FIM     RTS
*****
* SUB - G *
*****
G       LDAA    $03
        CMPA    POS5
        BMI    TERM
        JSR     PIA
        LDAB    #$10
        STAB    PORTB
        LDAB    #$20
        STAB    PORTA
        INC    CROT1
        JSR     MASR1
                                ;TEMP. DO OLEO 60xC
                                ;ENDER. P/ LIGAR 2E TRAF0-1
                                ;LIGA 2E REFRIG. TRAF0-1 - led 7.
                                ;AVISA PC 2E TRAF0-1 LIGADO

TERM    RTS
*****
* SUB-MASR *
*****
MASR    LDY     #$00
MASRA   INY
        CPY     #$FFF
        BEQ    FEM
        PSHY
MASR    LDAA    #$26
                                ;'&' AVISA PC QUE 1E FOI LIGADO
                                ;TRAF0-1

        JSR    OUTACIA
        JSR    DELAY
        JSR    INACIA
        CMPA  #$26
        BNE   MASR
        RTS
        JSR    DELAY
        JSR    INACIA
                                ; ATRASO DE 3,14 SEGUNDOS
                                ;CHECA SE PODE ENVIAR MENSAGEM
        CMPA  #$26
        PULY
        BNE   MASRA
FEM     RTS
*****
* SUB-MASR1 *
*****
MASR1   LDY     #$00
MASR1B  INY
        CPY     #$FFF

```



```

      BEQ      FEM1
      PSHY
MASR1  LDAA    #\$23      ;'#' AVISA PC QUE 2E FOI  LIGADO
                                ;TRAFO-1
      JSR      OUTACIA
      JSR      DELAY
      JSR      INACIA
      CMPA    #\$23
      BNE     MASR1
      RTS
      JSR      DELAY
      JSR      INACIA
      CMPA    #\$50
      PULY
      BNE     MASR1B
FEM1   RTS
*****
* SUB-MASR2 *
*****
MASR2  LDY     #\$00
MASR2C INY
      CPY     #\$FF
      BEQ     FEM2
MASR2  LDAA    #\$51      ;'Q' AVISA PC QUE 1E FOI  DESLIG.
                                ;TRAFO-1
      JSR      OUTACIA
      JSR      DELAY
      JSR      INACIA
      CMPA    #\$51
      BNE     MASR2
      RTS
      JSR      DELAY
      JSR      INACIA
      CMPA    #\$51
      PULY
      BNE     MASR2C
FEM2   RTS
*****
* SUB-MASR3 *
*****
MASR3  LDY     #\$00
MASR3D INY
      CPY     #\$FF
      BEQ     FEM3
MASR3  LDAA    #\$52      ;'R' AVISA PC QUE 2E FOI  DESLIG.
                                ;TRAFO-1
      JSR      OUTACIA
      JSR      DELAY
      JSR      INACIA
      CMPA    #\$52
      BNE     MASR3
      RTS
      JSR      DELAY

```



```

      JSR      INACIA
      CMPA    #\$52
      PULY
      BNE     MASR3D
FEM3  RTS

```

```

*****
* SUB-SREFE *
*****

```

```

SREFE  LDAA    \$05
      CMPA    POS4      ;TEMP. DO ENROLAMENTO 60xC
      BHS    TEL1
      BMI    TEL2
TEL1   JSR     TOSR1
      RTS
TEL2   JSR     TOSR2
      RTS

```

```

*****
* SUB-TOSR11 *
*****

```

```

TOSR11 LDAA    \$03
      CMPA    POS5
      BMI    J4
      JSR    PIA
      LDAB   #\$10
      STAB   PORTB
      LDAB   #\$20
      STAB   PORTA
      INC    CRET1
      JSR    MASR1
J4     RTS

```

```

*****
* SUB-TOSR2 *
*****

```

```

TOSR2  JSR     S
      LDAB   #\$01
      CMPB   CROT1
      BEQ    J5
      ANDA   #\$03
      CMPA   #\$01
      BMI    J6
      BPL    J7
      LDAB   #\$1C
      STAB   \$1009
      LDAB   #\$04
      STAB   PORTD
      LDAA   #\$08
      STAA   PORTA
      DEC    CRET1
      JSR    MASR2
      BRA    J6
J5     JSR     TOSR21
      RTS
J7     JSR     TOSR22
J6     RTS

```

\*\*\*\*\*  
\* SUB-TOSR11 \*  
\*\*\*\*\*

TOSR11 LDAA \$03  
CMPA POS5  
BMI J4  
JSR PIA  
LDAB #\$10  
STAB PORTB  
LDAB #\$20  
STAB PORTA  
INC CRET1  
JSR MASR1

J4 RTS

\*\*\*\*\*  
\* SUB-TOSR21 \*  
\*\*\*\*\*

TOSR21 ANDA #\$03  
CMPA #\$01  
BLS J8  
LDAB #\$1C  
STAB \$1009  
LDAA #\$08  
STAA PORTA  
LDAB #\$08  
STAB PORTD  
DEC CRET1  
JSR MASR3

J8 RTS

\*\*\*\*\*  
\* SUB-TOSR22 \*  
\*\*\*\*\*

TOSR22 LDAB #\$1C  
STAB \$1009  
LDAA #\$08  
STAA PORTA  
LDAB #\$08  
STAB PORTD  
DEC CRET1  
JSR MASR3  
LDAB #\$04  
STAB PORTD  
DEC CRET1  
JSR MASR2  
RTS

\*\*\*\*\*  
\* SUB - s: direciona a PIA para leitura de STATUS do sist. \*  
\* de refrigeracao \*  
\*\*\*\*\*

S JSR PIA  
LDAB #\$02  
STAB PORTB  
LDAA #\$10

```
STAA  PORTA
LDAA  #$00
STAA  PIACRB
LDAA  #$00
STAA  PORTC
LDAA  #$04
STAA  PIACRB
LDAA  PORTC
RTS
END
```

## ANEXO E

/\* Listagem do programa de monitoração - Este programa tem a finalidade de atualizar a tela no microcomputador e armazenar e calcular a perda de vida útil de um transformador em memória de massa ( Utilizada a linguagem C ) \*/

```
#include <graphics.h>
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <bios.h>
#include <conio.h>
#include <stdarg.h>
#include <alloc.h>
#include <dos.h>
#define com1 0
#define dado_pronto 0x100
#define settings (0xE0|0x03|0x00|0x18) /* 9600,8bits,1 stop,par */
int leportaserial( void );
int portaserial( void );
int escserial( int );
int aschex1( int );
int aschex2( int );
int arquivo1( int );
int arquivo2( int );
char val[5], str[5], grd[5];
int n, m, z, x, y, s, t, q, k, p, u, j, i, tp, te;
int valor1, valor2, valor3, valor4, valor5;
double base = 10.0, pot, pv, w;
main()
{
    int graphdriver = DETECT, graphmode;
    struct time T;
    clrscr();
    printf("-----\n ");
    printf("|TELA PARA AJUSTE DE PARAMETROS DO TRANSFORMADOR |\n ");
    printf("-----\n ");
    printf("                                \n\n\n");
    printf("ENTRE COM VALOR MAXIMO DE CARGA ( EM % ) = ", valor1);
    scanf("%4d",&valor1);
    t = (( valor1 * 255 ) / 150);
    bioscom( 1, t, com1 );
    do {
        n = leportaserial();
    }while( n != 64 );
    printf("                                \n\n");
    printf("ENTRE COM VALOR MAXIMO DE TEMPERATURA DO OLEO ( EM XC ) =
        ",valor2);
```

```

scanf("%4d",&valor2);
t = (( valor2 * 255 ) / 150);
bioscom( 1, t, com1 );
do {
    n = leportaserial();
    }while( n != 64 );
printf("
                                \n\n");
printf("ENTRE COM O VALOR MAXIMO DA TEMPERATURA DO ENROLAMENTO ( EM
        XC ) = ", valor3 );
scanf("%4d",&valor3);
t = (( valor3 * 255 ) / 150);
bioscom( 1, t, com1 );
do {
    n = leportaserial();
    }while( n != 64 );
printf("
                                \n\n");
printf("ENTRE COM TEMPERATURA DE ACIONAMENTO DO ESTAGIO-1 DE
        REFRIGERACAO (EM XC) = ", valor4);
scanf("%4d",&valor4);
t = (( valor4 * 255 ) / 150);
bioscom( 1, t, com1 );
do {
    n = leportaserial();
    }while( n != 64 );
printf("
                                \n\n");
printf("ENTRE COM TEMPERATURA DE ACIONAMENTO DO ESTAGIO-2 DE
        REFRIGERACAO (EM XC) = ", valor5);
scanf("%4d",&valor5);
t = (( valor5 * 255 ) / 150);
bioscom( 1, t, com1 );
do {
    n = leportaserial();
    }while( n != 64 );
initgraph(&graphdriver, &graphmode,"c:\\");
setviewport(30, 30, 130, 130,0);
rectangle(1,1,600,150);
rectangle(5,5,595,145);
rectangle(18,32,182,80);
rectangle(220,32,380,80);
rectangle(410,32,579,80);
rectangle(18,85,295,100);
rectangle(370,95,370,140);
rectangle(305,95,579,95);
rectangle(305,110,579,110);
rectangle(305,85,579,140);
rectangle(305,125,579,125);
rectangle(440,95,440,140);
rectangle(510,95,510,140);
rectangle(125,10,440,25);
outtextxy(140,15,"SUPERVISAO E CONTROLE DE SOBRECARGA");
settextstyle(2,0,0);
outtextxy(372,86,"SISTEMA DE REFRIGERACAO");
outtextxy(375,97,"TRAFO-1");
outtextxy(445,97,"TRAFO-2");
outtextxy(515,97,"TRAFO-3");

```

```

outtextxy(310,112,"ESTAGIO-1");
outtextxy(310,127,"ESTAGIO-2");
outtextxy(387,112,"off");
outtextxy(387,127,"off");
outtextxy(457,112,"off");
outtextxy(457,127,"off");
outtextxy(527,112,"off");
outtextxy(527,127,"off");
outtextxy(78,87,"mensagens");
outtextxy(25,34, " CARGA TRAF01 = ");
outtextxy(156,34,"%");
outtextxy(25,50, " CARGA TRAF02 = ");
outtextxy(156,50,"%");
outtextxy(25,66," CARGA TRAF03 = ");
outtextxy(156,66,"%");
outtextxy(230,34,"TEMP.OLEO1 =");
outtextxy(340,34,"graus");
outtextxy(230,50,"TEMP.OLEO2 =");
outtextxy(340,50,"graus");
outtextxy(230,66,"TEMP.OLEO3 =");
outtextxy(340,66,"graus");
outtextxy(420,34,"TEMP.ENROL1 =");
outtextxy(539,34,"graus");
outtextxy(420,50,"TEMP.ENROL2 =");
outtextxy(539,50,"graus");
outtextxy(420,66,"TEMP.ENROL3 =");
outtextxy(539,66,"graus");
settextstyle(2,0,0);
outtextxy(10,113," Carga Maxima ( Em % ): ");
itoa( valor1, str, 10 );
x = 160;
y = 113;
gprintf( &x, &y, "%4s", str );
outtextxy(10,123," Oleo - Temp. Maxima ( Em xC ): ");
itoa( valor2, str, 10 );
x = 190;
y = 123;
gprintf( &x, &y, "%4s", str );
outtextxy(10,133," Enrolamento - Temp. Maxima ( Em xC ): ");
itoa( valor3, str, 10 );
x = 230;
y = 133;
gprintf( &x, &y, "%4s", str );
/* Inicializa comunicacao serial */
bioscom(0,settings,com1);
do{
  if(( bioscom( 3, 0, com1 ) & dado_pronto ) != 0 ) {
    s = ( bioscom( 2, 0, com1 ) & 0x7F );
    switch( s ){
      case '%':{ /* temperatura do oleo */
        t = 37;
        bioscom( 1, t, com1 );
        do{
          n = leportaserial();
          if( n== 37 ){

```

```

t = 37;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while(n == 37);
k = aschex1(n);
do{
m = leportaserial();
if( m == 37 ){
t = 37;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while(m == 37);
q = aschex2(m);
z = (( k + q ) * 30 ) / 51;
x = 310;
y = 34;
arquivo2( z );
itoa(z,str,10);
gprintf( &x, &y,"%3s", str);
}break;
case '&':{
t = 38;
bioscom( 1, t, com1 );
do{
n = portaserial();
if( n == 38 ){
t = 38;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while( n == 38 );
x = 387;
y = 112;
gprintf( &x, &y," ON "); /* Estagio-1 Trafo-1 Ligado */
}break;
case 'Q':{
t = 81;
bioscom( 1, t, com1 );
do{
n = portaserial();
if( n == 81 ){
t = 81;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while( n == 81 );
x = 387;
y = 112;
gprintf( &x, &y," off "); /*estagio-1 trafo-1 desligado */
}break;
case '/':{ /* temperatura de enrolamento */
t = 47;
bioscom( 1, t, com1 );
do{
n = leportaserial();
if( n == 47){
t = 47;

```



```

bioscom( 1, t, com1 );
}
}while( n == 47 );
k = aschex1(n);
do{
m = leportaserial();
if( m == 47 ){
t = 47;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while( m == 47 );
q = aschex2(m);
z = (( k + q ) * 30 ) / 51;
x = 500;
y = 34;
arquivo3( z );
itoa( z, str, 10 );
gprintf( &x, &y,"%3s",str );
}break;
case '#':{
t = 35;
bioscom( 1, t, com1 );
do {
n = portaserial();
if( n == 35 ) {
t = 35;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while( n == 35 );
x = 387;
y = 127;
gprintf( &x, &y," ON " ); /* 2E REFRIG. TRAF01 LIGADO */
}break;
case 'R':{
t = 82;
bioscom( 1, t, com1 );
do {
n = portaserial();
if( n == 82 ) {
t = 82;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while( n == 82 );
x = 387;
y = 127;
gprintf( &x, &y," off " ); /* DESLIGAR 2E REFRIG. TRAF01 */
}break;
}
}
gettime( &T );
p = T.ti_sec;
tp = T.ti_min;
switch( p ) {
case 0 :{
t = 37;

```

```

bioscom( 1, t, com1 );
for( i = 0; i <4000; i++) {
    n = portaserial();
    if( n == 37 )
        break;
    else {
        t = 37;
        bioscom( 1, t, com1 );
    }
}
if( n == 37 ) {
n = leportaserial();
k = aschex1( n );
do{
m = leportaserial();
if( m == 37 ){
t = 37;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while( m == 37 );
q = aschex2( m );
z = (( k + q ) * 30 ) / 51;
x = 310;
y = 34;
arquivo2(z);
itoa(z,str,10);
gprintf( &x, &y,"%3s", str);
}
}break;
}
switch ( p ) {
case 25 :{
t = 47;
bioscom( 1, t, com1 );
for( i = 0; i < 2000; i++ ) {
n = portaserial();
if( n == 47 )
break;
else {
t = 47;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}
if( n == 47 ) {
n = leportaserial();
k = aschex1(n);
do{
m = leportaserial();
if( m == 47 ){
t = 47;
bioscom( 1, t, com1 );
}
}while(m == 47);
q = aschex2(m);
z = (( k + q ) * 34 ) / 51;

```

```

        x = 500;
        y = 34;
        arquivo3(z);
        itoa(z, str, 10);
        gprintf( &x, &y, "%3s", str);
    }
    }break;
    }
    }while(!kbhit());
clearviewport();
closegraph();
}
int leportaserial( void )
{
while(( bioscom( 3, 0, com1 ) & dado_pronto) == 0);
return( bioscom( 2, 0, com1 ) & 0x7F );
}

gprintf( int *x, int *y, char *fmt, ... )
{
va_list argptr;
char str[140], /* string temporaria */
    *buf; /* buffer temporario */
int cnt, /* numero de bytes enviados */
    alt, /* altura da string em pixels */
    larg, /* largura da string em pixels */
    x1, /* canto inferior direito */
    y1, /* canto inferior direito */
    size; /* tamanho necessario para a area a ser apagada */

va_start( argptr, format );
cnt = vsprintf( str, fmt, argptr );
alt = textheight( str );
larg = textwidth( str );
x1 = *x + larg;
y1 = *y + alt;
size = imagesize( *x, *y, x1, y1 );
buf = (char *) malloc( size * sizeof( char ) );
if( buf ){
    getimage( *x, *y, x1, y1, buf );
    putimage( *x, *y, buf, XOR_PUT );
    outtextxy( *x, *y, str );
} else
    cnt = 0; /* houve erro na alocao de memoria */
free( buf );
va_end( argptr );
return( cnt );
}
int aschex1 (k)
int k;
{
if( k > 60 ){
    k = k - 55;
    k = k * 16; /* desloca o byte quatro bits p/ esquerda */
}
}

```

```

else{
    k = k - 48;
    k = k * 16;
}
return( k );
)
int aschex2 (q)
int q;
{
    if( q > 60 ){
        q = q - 55;
    }
    else{
        q = q - 48;
    }
    return( q );
}
bip(void)
{
    int n;
    n = 0;
    do{
        n = n + 1;
        sound(1600);
        delay(100);
        nosound();
        delay (100);
        sound(800);
        delay(200);
        nosound();
        delay(100);
    }while( n < 10 );
}
bip1(void)
{
    do{
        sound(1600);
        delay(100);
        nosound();
        delay (100);
        sound(800);
        delay(200);
        nosound();
        delay(100);
    }while(!kbhit());
    return;
}
archivo3(u)
float u;
{
    char carga[30], *pv1;
    FILE *fp;
    int *sinal=(int *)5, *dec = (int *)1;
    struct time T;
    struct date D;

```



```

if(( fp = fopen("a:PVU.dat","a" )) == NULL ) (
    exit(1);
)
w = - (( 6972.15) / (273.0 + u ) - 14.133 );
pot = pow( base, w );
pv = 50.0 * pot;
pv1 = ecvt( pv, 6, dec, sinal);
te = u;
/* itoa(te, pv, 10);*/
gettime (&T);
getdate (&D);
fprintf( fp, "%2d", T.ti_hour );
fprintf( fp, "%2d", T.ti_min );
fprintf( fp, "%2d", T.ti_sec );
fprintf( fp, "%2d", D.da_day );
fprintf( fp, "%2d", D.da_mon );
fprintf( fp, "%4d", D.da_year );
fprintf( fp, "%3d", i ); /*
fprintf( fp, "DATA %d/%d/%4d HORA %d:%d:%d PERDA DE VIDA UTIL =
%lf\n", \D.da_mon, D.da_day, D.da_year, T.ti_hour, T.ti_min, T.ti_sec,
pv1);
fclose( fp );
}
int portaserial( void )
{
    if(( bioscom( 3, 0, com1 ) & dado_pronto ) != 0 ) {
        return( bioscom( 2, 0, com1 ) & 0x7F );
    }
}
arquivo2(j)
int j;
{
    char oleo[30];
    FILE *fd;
    struct time T;
    struct date D;
    if(( fd = fopen("a:oleo.dat","a" )) == NULL ) (
        exit(1);
    )
    itoa(j, grd, 10);
    gettime (&T);
    getdate (&D);
    fprintf( fd, "DATA %d/%d/%d HORA %d:%d:%d TEMPERATURA DO OLEO =
%4s\n", \ D.da_mon, D.da_day, D.da_year, T.ti_hour, T.ti_min, T.ti_sec,
grd);
    fclose( fd );
}

```