

## Programa de Automação do Mini Sistema

O programa desenvolvido possibilita o aluno monitorar e atuar na montagem experimental, analisar a forma de onda dos sinais de tensão e corrente, visualizar o gráfico dos fasores de todos os sinais de tensão e corrente simultaneamente e a também visualizar uma tela de um sincronoscópio virtual possibilitando verificar os ajustes de tensão e frequência necessários na operação de paralelismo do mini-sistema com a concessionária de energia.

Os instrumentos virtuais possibilitam que o aluno acompanhe o funcionamento do mini sistema em vazio e em carga, verificar os efeitos das compensações reativas e rejeição de carga, o processo de sincronização do mini sistema com a concessionária de energia e os efeitos da barra infinita no mini sistema estando em paralelo.

### 1 Arquitetura Básica do Sistema

A arquitetura básica do sistema de aquisição e tratamento de sinais desenvolvido para a experiência está dividida nos seguintes blocos: Mini sistema, Sensores e Contatores, Placa de Condicionamento e Computador com Placa A/ D. A figura 01 ilustra os respectivos blocos desta arquitetura.

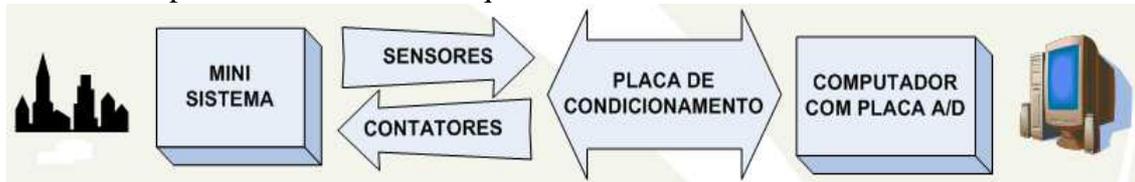


figura 01: arquitetura básica do sistema de aquisição e tratamento de sinais desenvolvido

#### 1.1 Mini Sistema

A fonte de energia no mini sistema é composta por uma máquina assíncrona acionada por um inversor de frequência, simulando a turbina, que acoplada ao eixo de um gerador trifásico síncrono de 2kVA-220 V, simula o gerador da usina hidrelétrica. A foto 01 mostra a unidade geradora do mini sistema.

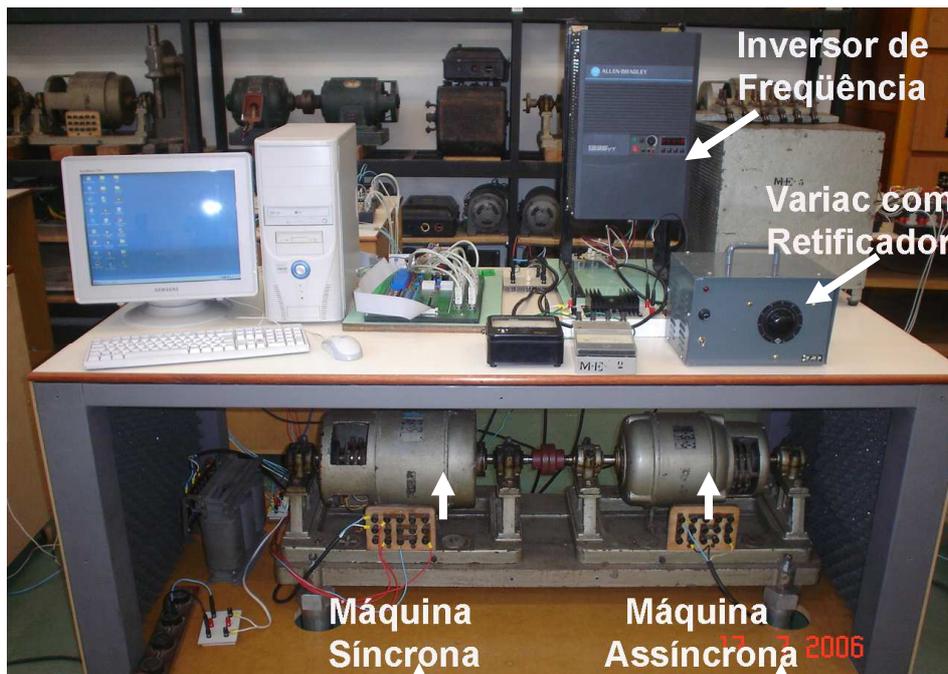


foto 01: fonte de energia no mini sistema de potência

No inversor é realizado o controle de rotação da máquina assíncrona possibilitando controlar a frequência do gerador e através de um variac acoplado a uma ponte retificadora é feito o controle da corrente de excitação da máquina síncrona possibilitando controlar a tensão induzida no gerador.

O modelo de linha de transmissão é obtido pela associação de reatores e capacitores seguindo o modelo  $\pi$ . As bobinas utilizadas na construção do modelo de linha de transmissão foram posicionadas em uma montagem separada da bancada experimental buscando minimizar os fluxos magnéticos concatenados entre elas e interferência no sistema de aquisição.

A foto 02 ilustra o modelo real da linha de transmissão utilizada na montagem experimental representando a unidade de transporte de energia do mini sistema.



foto 02: linha de transmissão no mini sistema de potência

Como carga temos a opção de escolher através de uma chave comutadora posicionada no final da LT entre uma caixa de resistência, representando uma carga passiva, ou a própria concessionária de energia quando é realizada a operação de paralelismo.

## 1.2 Sensores e Contatores

Os sensores são utilizados para monitorar os principais sinais elétricos de interesse à experiência possibilitando o acesso simultâneo a todos os sinais e evitando a utilização de equipamentos de medições manuais. Os contatores substituíram as chaves manuais utilizadas no início e término da LT como também as respectivas chaves das compensações reativas possibilitando um controle automático e centralizado.

Os sensores utilizados são baseados em transdutores de efeito Hall que possuem uma boa resposta em frequência para tensão e corrente elétrica para os fenômenos estudados.

A foto 03 ilustra a montagem dos sensores e contatores possibilitando a monitoração dos sinais de tensão no início e término do LT, corrente na LT e tensão no barramento infinito e controle da energização no início e término da LT com as respectivas compensações reativas.

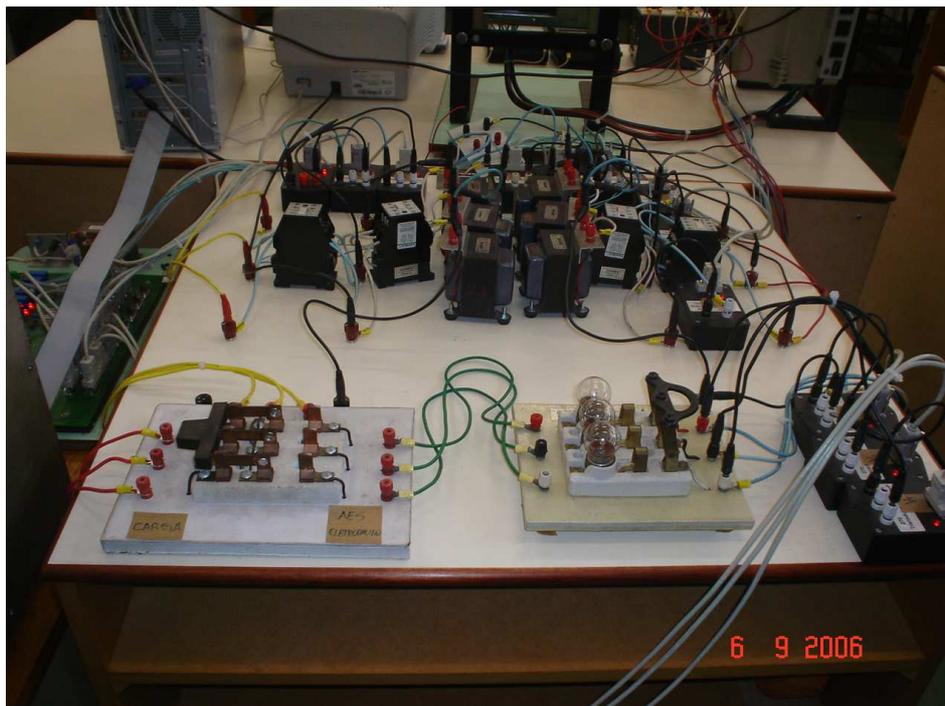


foto 03: ligação dos sensores e contadores

### 1.3 Placa de Condicionamento

A placa de condicionamento realiza as funções de alimentação dos transdutores, o condicionamento dos sinais elétricos dos transdutores em sinais de tensão com amplitude máxima de 10V e também permite controlar o acionamento de relés, utilizados para controlar os contadores, através das saídas digitais da placa A/ D.

Os sinais de tensão e correntes condicionados para tensões de amplitude máxima de 10V possuem os seus valores corrigidos para os respectivos valores reais no programa de computador onde deve ser informada a respectiva configuração dos sensores.

A utilização desta placa de condicionamento está focada na diversidade de arranjos possíveis quanto ao número e tipos de sensores e entradas ou saídas digitais utilizadas em cada montagem experimental.

### 1.4 Computador com Placa A/ D

Foi utilizada uma placa de aquisição de dados *DAQ (Data Aquisition)* modelo PCI 6023E, da National Instruments, que possui 16 entradas analógicas de 12 bits (11 de amplitude + 1 de sinal), 8 entradas ou saídas digitais, frequência de amostragem de 200 Ksamples/ seg e isolamento para até 45 V. A principal função desta placa é realizar a conversão dos sinais analógicos obtidos pelos sensores para sinais digitais e utilizar as saídas digitais para controlar os relés da placa de condicionamento possibilitando o acionamento dos contadores.

O computador padrão com processador *Pentium IV* 2 GHz, 256 MB de memória RAM, disco rígido de 40 GB e sistema operacional Windows 2000 Professional, da Microsoft Corporation, possui instalado o software *LabVIEW 7.1 Professional*, da National Instruments.

O software *LabVIEW* possui total integração com a placa de aquisição possibilitando comunicação, análise e apresentação das variáveis monitoradas e controladas no mini sistema garantindo o funcionamento de todo o sistema elaborado.

## 2. Programa Desenvolvido

Foram criados módulos baseados no software LabVIEW 7.1 Professional. Esta linguagem de programação abrange desde a aquisição dos sinais até a apresentação das informações obtidas no ensaio experimental com o mini sistema.

Ficaram fixadas no código fonte do programa as faixas de variação de sinal em que os sensores devem estar ajustados na montagem. Desta maneira é feita a conversão do sinal real medido no sinal visualizado e utilizado para cálculos e análises.

O programa desenvolvido possui uma interface com o usuário dividida basicamente em três partes: medições simultâneas, estado do mini sistema e instrumentação virtual.

A figura 02 apresenta a tela inicial do programa delineando em amarelo a parte da tela referente às medições simultâneas, em vermelho a parte referente ao estado do mini sistema e em azul a parte referente à instrumentação virtual.

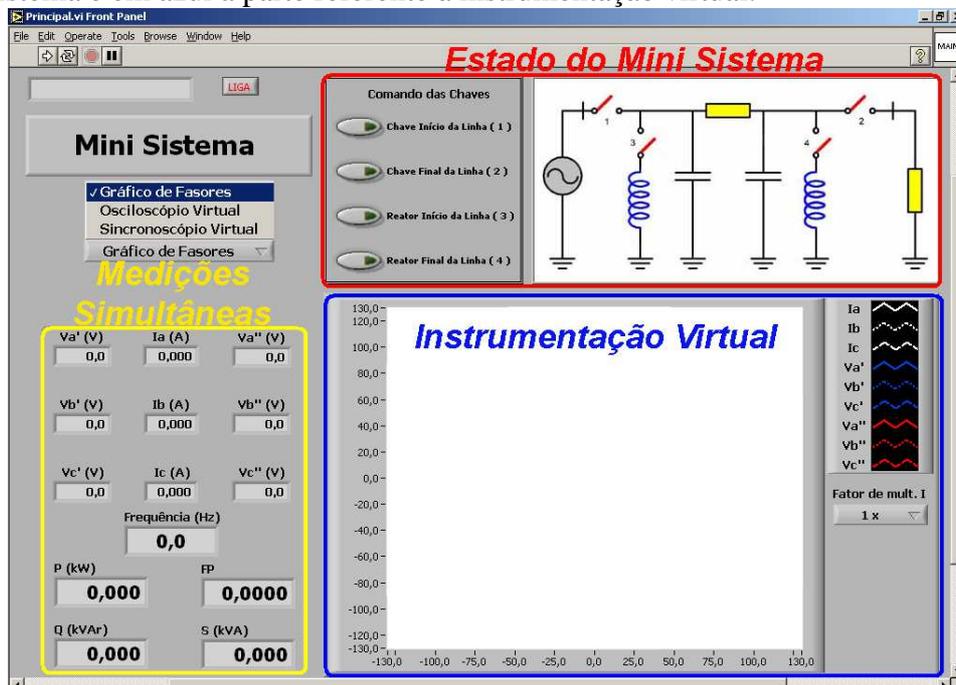


figura 02: tela inicial do programa Mini Sistema.vi

### 2.1 Medições Simultâneas

A parte referente às medições simultâneas apresenta os valores das tensões na saída do gerador ( $V_a'$ ,  $V_b'$  e  $V_c'$  em volts), os valores das correntes eficazes na linha de transmissão ( $I_a$ ,  $I_b$  e  $I_c$  em ampéres), os valores das tensões no fim da linha de transmissão ( $V_a''$ ,  $V_b''$  e  $V_c''$  em volts), frequência no mini sistema (em hertz), valor da potência ativa ( $P$  em KW), valor da potência reativa ( $Q$  em KVA), valor da potência aparente ( $S$  em KVA) e o valor do fator de potência (FP).

A figura 03 ilustra a parte do programa que disponibiliza as medições simultâneas.

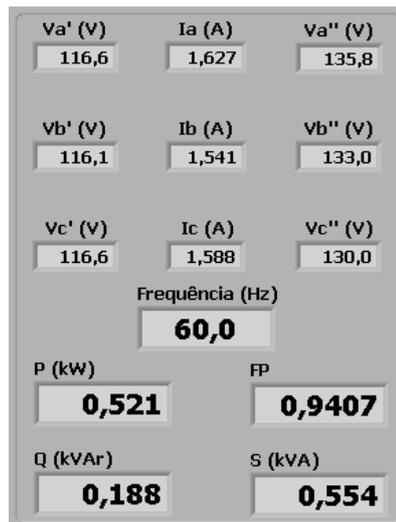


figura 03: medições simultâneas no mini sistema com compensação reativa e carga.

## 2.2 Estado do Mini Sistema

O estado do mini sistema é representado através de uma imagem que ilustra os quatro chaves que ligam respectivamente a saída do gerador ao início da linha de transmissão (chave início da linha – 1), o término da linha de transmissão à carga (chave final da linha – 2), compensação reativa no início da linha de transmissão (reator no início da linha – 3) e a compensação reativa no fim da linha de transmissão (reator no final da linha – 4).

O estado do mini sistema pode ser alterado através do quadro de comando de chaves que possui um botão com retenção de estado para cada uma das chaves. A atualização do estado do mini sistema é feito através da substituição da imagem ilustrativa por outra que represente o estado atual, sendo assim um total de 16 estados diferentes para as quatro chaves existentes.

A figura 04 indica o estado em que o mini sistema esta com as compensações reativas e chaves no início e término da linha de transmissão ligadas podendo visualizar os estados das chaves tanto na imagem como também na luz verde acesa no botão indicando que o botão foi pressionado.

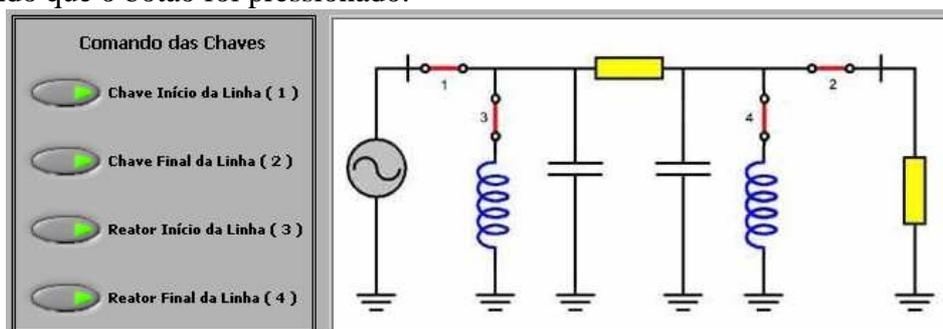


figura 04: indicação de estado do mini sistema com compensação reativa e carga.

## 2.3 Instrumentação Virtual

À parte de instrumentação virtual possui três modos de operação: gráfico de fasores, osciloscópio virtual e sincronoscópio virtual. A seleção destes três modos de operação é feita através de um menu disponível na tela do programa.

### 2.3.1 Modo de operação gráfico de fasores

No modo de operação gráfico de fasores é feita a indicação dos sinais de tensão e corrente do mini sistema na forma de fasores, onde todos são indicados

simultaneamente em um único gráfico. Para poder sobrepor os fasores de tensão e corrente em um mesmo gráfico foi adicionado um menu onde é selecionado um fator multiplicativo para o valor eficaz das correntes. Este fator pode ser 1, 10, 20, 50 ou 100 vezes o valor medido.

Os fasores de cada sinal elétrico foram obtido escolhendo a tensão na fase A da saída do gerador como referência podendo assim considerar a amplitude do fasor o próprio valor eficaz e a fase do sinal aproximada para a fase da componente fundamental da decomposição harmônica do sinal.

A figura 05 mostra dois exemplos da tela disponibilizada pelo programa quando selecionada a opção gráfico de fasores. No gráfico dos fasores com o mini sistema em vazio verifica-se somente as tensões na saída do gerador e ausência das correntes e tensões no final da linha de transmissão enquanto no gráfico dos fasores com o mini sistema com carga verifica-se o surgimento dos fasores das correntes na linha de transmissão como também das tensões no final da linha.

Esta tela possibilita verificar as defasagens das correntes em relação às tensões em diferentes situações de carga e operação do mini sistema.

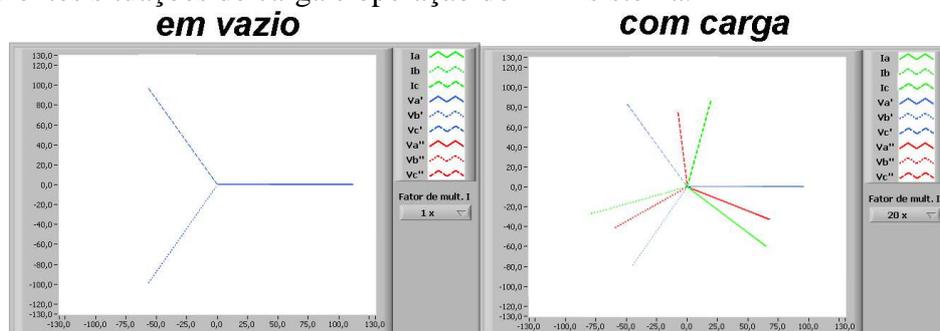


figura 05: tela gráfico de fasores no mini sistema ligado em vazio e com carga

### 2.3.2 Modo de operação osciloscópio virtual

O modo de operação osciloscópio virtual disponibiliza na tela os sinais de tensão e corrente na fase A do mini sistema, o valor da defasagem entre a corrente e a tensão em graus, os respectivos fasores da tensão e corrente e também o controle do número de ciclos mostrados na tela como também do fator multiplicativo para sobrepor os sinal da corrente ao sinal da tensão.

Devido à existência de um ruído devido à terceira harmônica presente no mini sistema, foi desenvolvido um filtro da componente fundamental dos sinais para melhor visualização das formas de onda. A figura 06 mostra a tela disponibilizada no modo osciloscópio virtual com e sem o filtro.

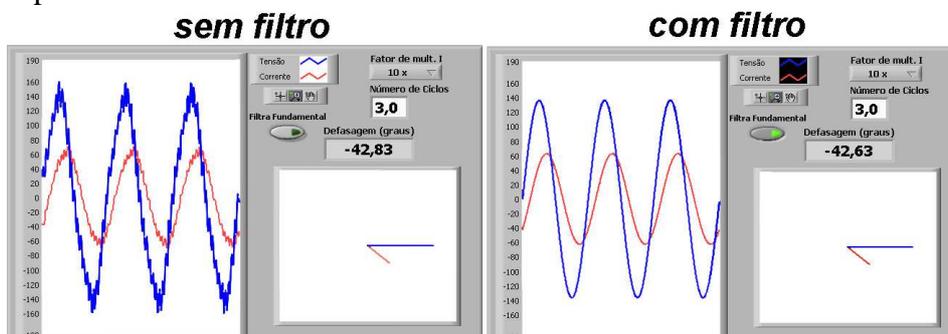


figura 06: telas do modo osciloscópio virtual com e sem filtro fundamental

A forma de onda indicada na tela sem o filtro é a própria representação gráfica dos sinais amostrados e a forma de onda indicada com o filtro é a reprodução da forma de onda da fundamental obtida após a decomposição harmônica dos sinais de tensão e corrente.

### 2.3.3 Modo de operação sincronoscópio virtual

O último modo de operação ilustra um sincronoscópio virtual possibilitando analisar os ajustes de tensão e frequência para a operação de paralelismo do mini sistema com a concessionária de energia, desta maneira é possível verificar através dos três fasores de tensão na saída da linha de transmissão e dos três fasores de tensão da concessionária os critérios de mesmas amplitudes, seqüência de fases e frequência.

O sincronoscópio virtual foi obtido sobrepondo-se os fasores das tensões no final da linha de transmissão com os fasores das tensões da concessionária de energia.

A figura 07 mostra a tela referente ao sincronoscópio virtual no momento em que as lâmpadas do osciloscópio instalado na bancada estão apagadas podendo verificar uma mínima discordância entre os fasores do final da linha de transmissão e a concessionária de energia e também o momento em que as lâmpadas estão acesas podendo verificar uma máxima discordância entre os fasores do final da linha de transmissão e a concessionária de energia.

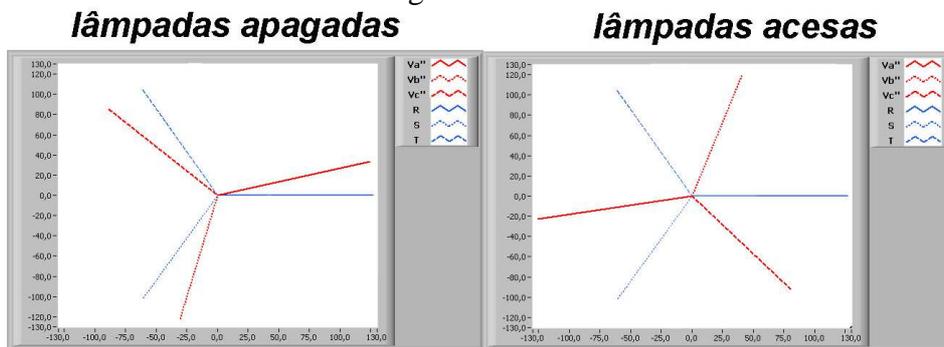


figura 07: telas do modo sincronoscópio virtual.

## 3. Roteiro para Partida da Automação

Siga os seguintes passos abaixo para iniciar a utilização do programa Mini Sistema, utilizado na execução da experiência em laboratório.

1. Ligue o micro (ligue o filtro de linha atrás do quadro de bornes) e a bancada da experiência do mini sistema (botão da bancada indicado na foto 04).



foto 04: dispositivos de controle de tensão e frequência.

2. Verificar se o ajuste de frequência no inversor de frequência e de corrente de excitação da máquina síncrona se encontram na posição de mínimo valor (os *diais* devem estar posicionados até o fim de curso do sentido anti-horário). A foto 04 indica os diais de ajuste de frequência e corrente de excitação (Iexc).
3. Rodar o programa Mini Sistema já instalados nos micros da bancada experimental. O programa é acessado a partir do seguinte atalho:

Iniciar >> Programas >>Mini Sistema >> Mini Sistema

4. Apertar o botão LIGA presente no programa Mini Sistema no canto superior esquerdo.
5. Ligar a placa de condicionamento indicada na foto 05. O led vermelho central deve permanecer ligado (caso não ligue, desligue e ligue novamente a placa).

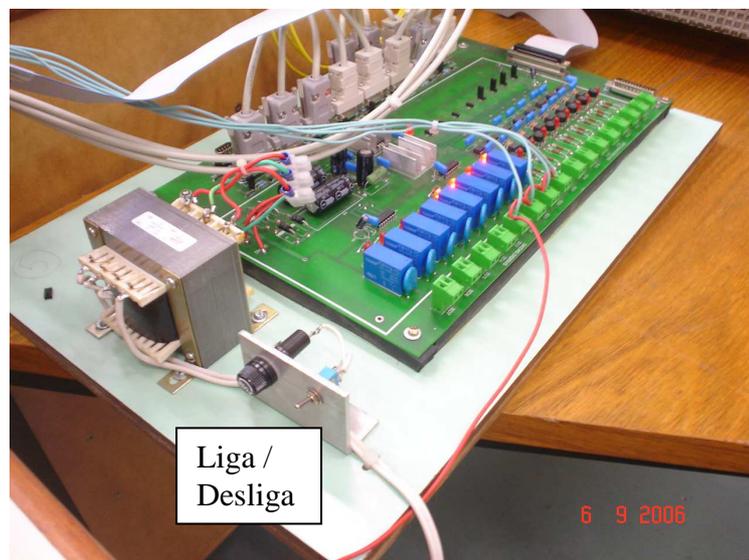


foto 05: placa de condicionamento

6. Ligue o inversor de frequência no botão verde presente ao lado do dial de frequência.
7. Aperte o botão RUN presente no canto superior esquerdo: 
8. Ajuste o dial de frequência até obter o valor de 60 Hz no painel do inversor.
9. Ajuste a dial da corrente de excitação até obter o a valor de 127 Volts em Va'.