

CBPF-NT-003/89

SISTEMA DE CONTROLE E AQUISIÇÃO DE DADOS DE UM
LABORATÓRIO DE MAGNETOMETRIA

por

Márcio P. ALBUQUERQUE, Geraldo R.C. CERNICCHIARO,
Marcelo P. ALBUQUERQUE e Lauro L.A. WHATELY

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CCBPF/CNPq
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150
22290 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Resumo: Neste trabalho descrevemos um sistema que visa a adquirir dados e controlar o campo magnético de um magnetômetro de amostra vibrante. O controle é feito através de um microcomputador dedicado de 8 bits baseado no padrão S100 ligado a um multímetro e a um nanovoltímetro através de uma interface IEEE488. O controle do campo magnético é feito através de um motor de passos e de um sensor ótico. O programa de controle foi desenvolvido na Linguagem C, que possibilita a sua adaptação em outros microcomputadores.

Palavras chaves:

Interface, IEEE488, S100, Magnetometria, GPIB

- INTRODUCAO

O objetivo do sistema é fazer o controle e a aquisição de dados de uma experiência de magnetização onde foi usado um magnetômetro de amostra vibrante (P.A.R mod. 155). O sistema consiste de três cartões principais dedicados ao controle da experiência, ligados ao barramento S-100 do microcomputador MACUNAIMA II ⁽¹⁾. O primeiro cartão, IEEE 488 (GPIB), visa a adquirir e enviar dados para dois multímetros e, futuramente, a um controlador de temperatura e a um computador pessoal compatível com o IBM (PC, XT ou AT); o segundo cartão é responsável pelo controle automático do campo magnético aplicado à amostra, realizado através de um motor de passos, adaptado à fonte de corrente modelo FC7700; um terceiro cartão é responsável pelo relógio de tempo real para um dos modos de aquisição.

Na experiência de magnetização utilizam-se três técnicas diferentes de medidas: *Magnetização x Temperatura*, *Magnetização x Campo Aplicado* e *Magnetização x Tempo*. Destas medidas são retiradas informações como a temperatura de transição de fase da amostra, momento efetivo, magnetização remanente, campo coercitivo, o comportamento da magnetização com o tempo em alguns sistemas, magnetização espontânea etc. Estas informações levam ao conhecimento do sistema utilizado, podendo este ter aplicações tecnológicas como a confecção de ímãs permanentes, fitas magnéticas e núcleo de transformadores.

1- MACUNAIMA II - Sistema de aquisição de dados baseado no padrão IEEE696 (S-100) (1,2), possuindo uma CPU central (Z80A-4MHz), com acesso a 64Kbytes de RAM, 2 saídas para comunicação serial RS232-C, uma saída paralela Centronics uma CPU secundária com 4kbytes de memória responsável pelo terminal de vídeo e uma controladora de disco de até 4 drivers (5 1/4" dupla face-dupla densidade), gerenciado por um sistema operacional compatível CDOS-(Cromenco Disk Operating System). (1,2), desenvolvido no CBPF.

HARDWARE

A configuração do sistema está esquematizada na figura abaixo: um microcomputador dedicado ao controle e ao tratamento de dados, um nanovoltímetro Keithley modelo 181, responsável pela leitura do campo e da temperatura, um voltímetro modelo Keithley 195A, responsável pela medida da magnetização, um controlador de temperatura e uma fonte de corrente geradora do campo magnético controlada por um motor de passos, são as principais características do sistema.

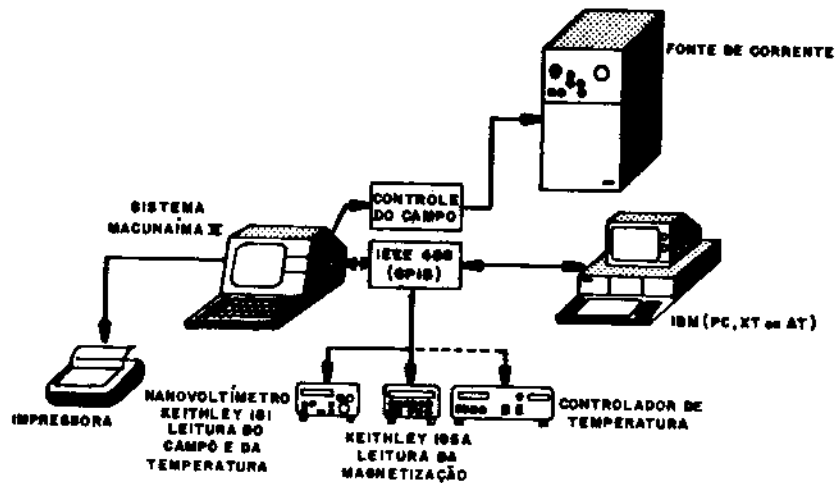


Figura 1 - Sistema de controle automático

A norma IEEE 488⁽²⁾ [3,8,9,10] define um barramento de sinais compartilhados e com definições bastante cuidadosas com referências a aspectos elétricos, mecânicos, operacional e funcional [4] exigindo uma configuração específica em cada equipamento presente no barramento (Fig. 2). O padrão de comunicação de dados adotado é código ASCII.

Este cartão controla até 15 equipamentos, onde cada equipamento possui um endereço fixo de ouvinte e locutor, isto é, os equipamentos com capacidade de receber dados do barramento IEEE 488

2-IEEE488 é equivalente a GPIB, HP-IB, ANSIME1.1 ou IEC625-1 sendo este último diferente apenas no conector.

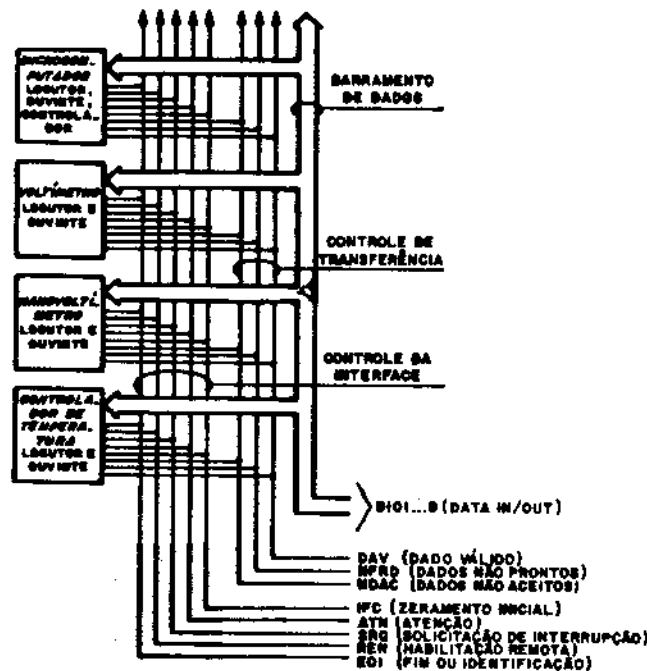


Figura 2 - Estrutura do Barramento IEEE488

são chamados ouvintes e o equipamento capaz de enviar dados para o barramento é chamado de locutor, tudo gerenciado pelo microcomputador MACUNAIMA II, controlador do barramento, também responsável pela seleção de qual equipamento será locutor e qual(is) equipamentos será(ão) ouvinte(s); toda a operação do sistema é decidida pelo software de controle.

O cartão IEEE 488 apresenta os seguintes elementos: um controlador 8292 (Intel)(5), um GPIB Talker/Listener 8291(Intel)(5), os circuitos de acoplamento ao barramento S-100 e IEEE488, um circuito de decodificação de 12 portas de entrada e saída e um circuito para interrupções, (Fig 3), sendo que todos estes circuitos obedecem aos níveis de tensão da lógica TTL, alguns operando em lógica negativa.

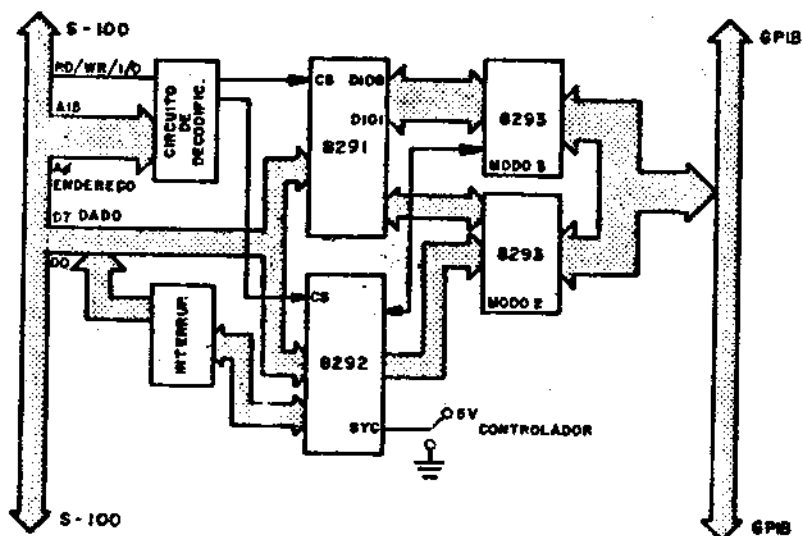


Figura 3 - Hardware - IEEE 488

O padrão IEEE 488 apresenta 16 linhas de controle, interpretadas da seguinte maneira:

- ATN (Atenção - *Attention*)

Indicador para todos os equipamentos de como os dados no barramento devem ser interpretados; é enviada pelo controlador do barramento.

- IFC (Zeramento inicial - *Interface Clear*)

Responsável pela inicialização do sistema IEEE 488 para um estado inativo, normalmente um estado "default".

- REN (Habilidade Remota - *Remote*)

Linha utilizada pela controladora para habilitar um dispositivo, este vai ser endereçado posteriormente e colocado em estado remoto.

- SRQ (Solicitação de Interrupção - *Service Request*)

Indica ao controlador que algum equipamento terminou ou precisa de serviço.

- EOI (Fim ou identificação - *End or Identify*)

Trabalha junto da linha ATN; é usada para executar uma verificação de pedido de serviço ou para indicar que o ultimo byte da transmissão foi enviado.

- DAV (Dado Válido - *Data Valid*)

Dado Válido no barramento.

- NRFD (Não preparado para dados - *Not Ready for Data*)

Esta linha é controlada pelos receptores ou por todos os equipamentos que estejam recebendo comandos, indica que um ou mais equipamentos ainda não estão prontos para receber os dados.

- NDAC (Dados não aceitos - *Not Data Accepted*)

Esta linha também é controlada pelos receptores, informa ao transmissor que o dado ainda não foi aceito.

- DIO1...8 -Linha de Dados bidirecional.

O segundo cartão controla o campo magnético através de um motor de passos, acoplado a um sistema mecânico possibilitando a variação na corrente da fonte. Os circuitos de saída deste cartão são do tipo coletor aberto que alimentam amplificadores visando a gerar a corrente necessária para o motor (Fig 4).

O controle deste campo é feito pelo software, e através de um sensor ótico obtemos o zero e o giro desejável do motor.

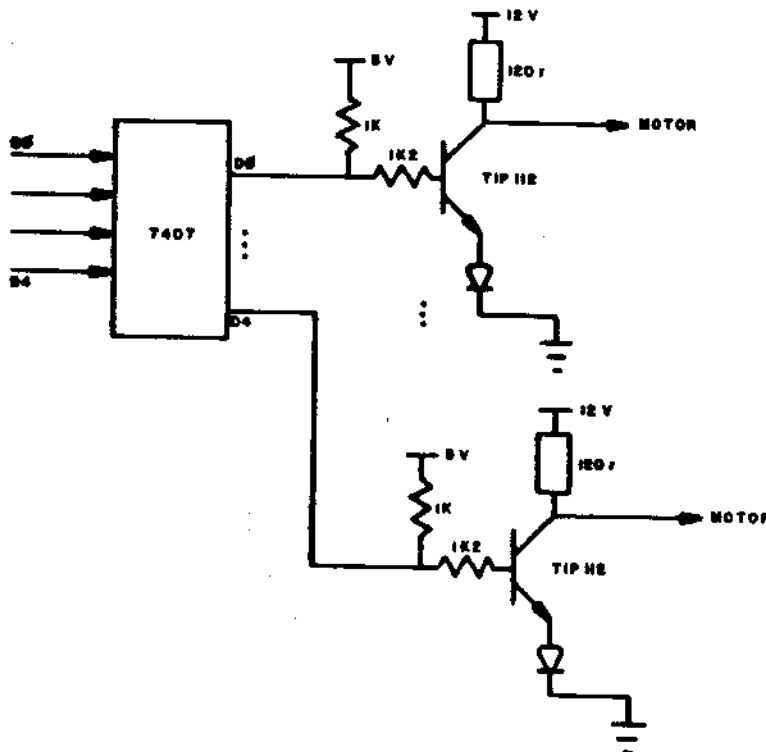


Figura 4 - Circuito de saída do motor de passos

A terceira técnica de medida, modo Magnetização x tempo, faz uma monitoração contínua de um instrumento pelo cartão IEEE 488, com valores determinados de intervalo de tempo através de um relógio, construído através de um canal de E/S. Para este sistema foi utilizado o Contador programável 8253(Intel) [5] com um período de 100ms, que serve como referência para o software de controle. Observando que o tempo mínimo de 1 s é suficiente para as experiências e sabendo que a interface IEEE488 leva aproximadamente 10ms para executar uma leitura a um multímetro, as rotinas de espera podem ser feitas em linguagem de alto nível.

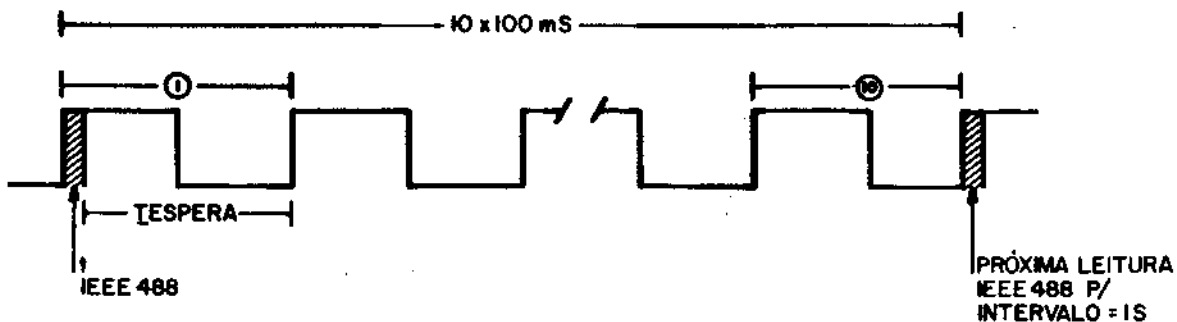


Figura 4 - Intervalo de 1s para a leitura no modo Mag x Tempo

SOFTWARE

A capacidade do sistema de controle é representada pelo programa no seu todo já que o hardware permite a possibilidade de um crescimento bastante amplo.

O programa foi projetado para um controle geral da experiência de magnetometria, nas três técnicas de medidas: Magnetização x Temperatura, Magnetização x Campo Aplicado e Magnetização x Tempo. (Fig 5)

Ao iniciar sua execução são lidas no disco as tabelas de temperatura e voltagem do sensor utilizado (GaAs, C, Pt).

1) Magnetização x Temperatura.

Esta rotina consiste basicamente em executar um número determinado de leituras de magnetização e temperatura, para temperatura e campo aplicado fixos. Inicialmente a rotina exige a entrada de alguns parâmetros para cálculo tais como: massa da amostra, campo aplicado, desvio máximo, escala do magnetômetro etc.

Neste modo de medida a aquisição de dados é executada de acordo com o operador. Ao receber uma ordem para aquisição, o programa executará uma série de leituras da magnetização e temperatura através da interface IEEE 488. O programa atua nos dados adquiridos através de rotinas de cálculo e desvio de acordo com os parâmetros de entrada. Estes cálculos são: conversão da temperatura medida para a escala Kelvin, o cálculo da magnetização por gramas, da suscetibilidade e o erro relativo; e caso este erro seja maior do que o desvio máximo informado inicialmente ele é automaticamente destacado no terminal cabendo ao operador decidir sobre a validade ou não da medida.

Antes do programa devolver o controle ao operador ele lista a média de todos os campos mostrados na figura 6 na impressora.

LABORATÓRIO DE RESISTIVIDADE E MAGNETOMETRIA						
I-MxT	GPIB/Step	Motor/Keith	CBPF/DIVI		Vrs: 2.00N/1988	
Massa: 0.035g		Escala: 1		Data: 10.03.88		
H aplicado: 150 G		Desvio: 1.55 %		Sensor: GaAs		
T(v)	T(K)	M(emu)	Desv	Mg(emu/g)	Xg = Mg/H	-1/Xg
0.8995	288.53	0.551	2.98*	15.743	1.050e-1	9.528
0.8989	288.77	0.532	1.82*	15.200	1.001e-1	9.990
0.8977	289.24	0.527	1.53	15.057	1.004e-1	9.960
0.8954	290.15	0.532	0.94	15.200	1.010e-1	9.901
0.8895	292.49	0.523	1.92*	14.943	1.000e-1	10.000
0.9215	279.81	0.562	4.94*	16.057	1.070e-1	9.346
0.8722	299.35	0.526	1.72*	15.029	1.002e-1	9.980
Menu de Operações					Med: 15	
<ESPAÇO> - Adquire				Média: 0.8964 V		
<C> - Cancela				Temp: 289.76 K		
<T> - Termina				Xgm: 0.10196		

Figura 6 - Tabela de aquisição de um dado, no modo Mag x Temp.

2) Magnetização x Campo Aplicado.

Este modo trabalha automaticamente. Inicialmente esta rotina também exige a entrada de alguns parâmetros. O programa lê três medidas da interface IEEE 488: magnetização, temperatura e campo aplicado, controla o avanço e retrocesso do motor de passos e detecta o zero Gauss da fonte de corrente através do sensor ótico.

Existem três tipos diferentes de aquisição de dados neste modo de medida: Normal, Resfriado com Campo e Resfriado com Campo Zero (Fig. 7). No modo Normal o motor de passos avançará até um campo máximo e retornará a zero; No modo Resfriado com Campo o motor inicialmente corresponderá a um campo máximo, partindo para um campo máximo contrário e finalmente voltará ao campo máximo inicial; No modo Resfriado com Campo Zero o motor sairá do Zero Gauss até um campo máximo em seguida descenderá até um campo máximo contrário e então voltará ao campo máximo.

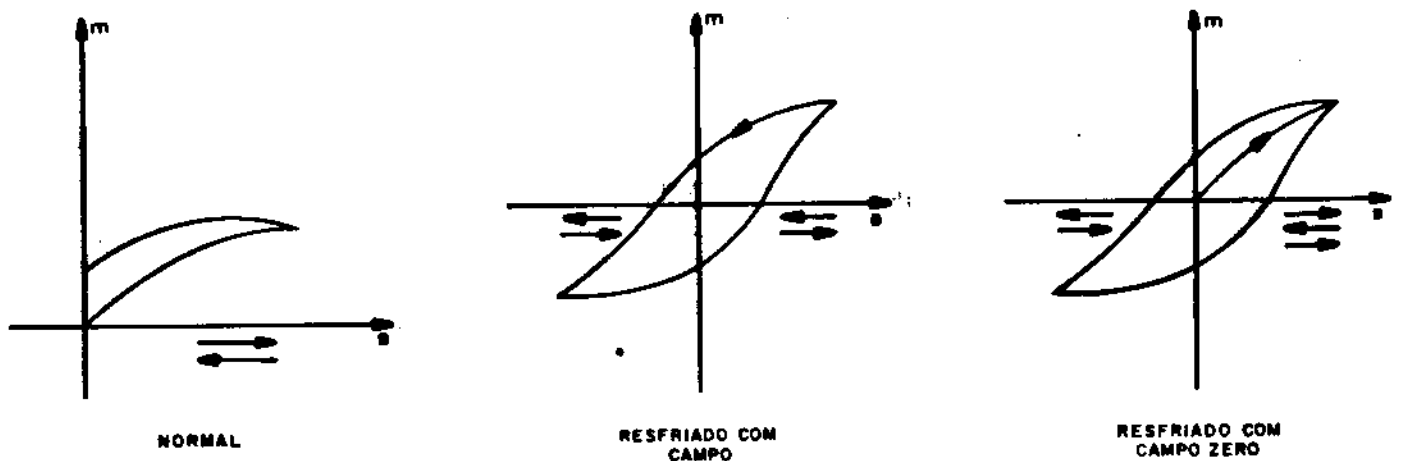


Figura 7 - Três modos de Aquisição para o motor de passos.

Uma vez decidido o modo de operação a trabalhar, informados os parâmetros de entrada e configurados os campos de parada para o motor de passos, a rotina automaticamente posiciona o motor no valor do campo inicial e começa a medida. Em cada modo de medida existe um número fixo de avanços e retrocessos que deverão ser dados pelo motor de passos. Em cada aquisição a rotina lê da interface IEEE 488 a

magnetização, a voltagem relativa à temperatura e a voltagem do sensor Hall relativa ao campo aplicado. Os cálculos relativos a estas medidas, as conversões e o desvio de cada medida em relação à média são mostrados em cada campo de parada do motor configurado inicialmente. Se não houver nenhum ponto com o desvio maior que o desvio inicialmente informado então o dado é armazenado; caso contrário o dado é abandonado e é feita uma nova medida. A média de cada coluna mostrada na figura 8 é então listada na impressora.

LABORATÓRIO DE RESISTIVIDADE E MAGNETOMETRIA						
2-MxH		GPIB/Step Motor/Keith		CBPF/DIVI		Vrs: 2.00N/1988
Massa: 0.035g		Escala: 1		Data: 20.03.88		
Campo (Step): 2000 G		Desvio: 1.5 %		Sensor: GaAs		
T(v)	T(K)	M(emu)	Mg(emu/g)	Desv	-H(V)	-H(Gs)
0.8977	289.24	1.5453	44.151	0.10	1.9275	2000.2
0.8956	290.08	1.5327	43.791	0.90	1.9276	2000.3
0.9501	268.48	1.5226	43.503	1.57	1.9275	2000.2
0.9227	279.34	1.5421	44.060	0.31	1.9275	2000.2
0.9144	282.63	1.5622	44.634	0.99	1.9275	2000.2
0.9233	279.10	1.5355	43.871	0.74	1.9276	2000.3
0.9075	285.36	1.5877	45.363	2.64	1.9283	2000.5
Menu de Operações				Med: 15		
<D> PARAR AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA				Temp. Médio: 282.03K		
				Magn. Média: 44.196 emu/g		
				Campo Medio: 2000.271 G		

Figura 8 - Tabela de Aquisição de um dado no modo Mag x Campo.

3) Magnetização x Tempo.

Este modo de medida é executado utilizando uma canal de E/S que fornece a base de tempo, 100ms, gerada pelo contador 8253. Este modo é totalmente independente do operador, aguardando apenas o instante de iniciar a aquisição dos dados. A leitura é feita em intervalos múltiplos de 1s, programada inicialmente. A rotina exige apenas a entrada de alguns parâmetros iniciais e a configuração dos intervalos de tempo e respectivos número de leitura. Ao final os dados são listados na impressora com os respectivos tempos de aquisição.

Ao final dos três modos de medida o operador pode gravar os dados num disco de 5 1/4". Como implementação poderemos transmitir os dados adquiridos para um microcomputador IBM PC ou compatível e este se encarregará de gráficos durante a experiência e cálculos de ajustes.

COMENTARIOS

A principal preocupação ao se desenvolver o programa foi quanto à limitação de memória, rapidez de pesquisas em tabelas e que este também possuísse características de portatibilidade. Visando à economia de memória, porque estamos trabalhando com microcomputadores dedicados, foram elaboradas rotinas de leitura de telas do disco (possibilitando que estas pudessem ser construídas em um editor de textos qualquer) e rotinas de leitura de tabelas que possibilitaram mudanças rápidas de sensor ou de parâmetros padrões no caso dos campos de parada do motor de passos. Adotamos com isto a linguagem C que possibilitou bastante tranquilidade na construção das rotinas de comunicação com a interface IEEE 488. É necessário ressaltar que devido ao sistema IEEE 488 ser extremamente padronizado e este constituir cerca de 80% do nosso sistema e sendo o C uma linguagem de alto nível e de poucos comandos isto possibilitou a portatibilidade do sistema mesmo para computadores de 16 bits.

Na rotina de magnetização contra Campo Aplicado algumas facilidades foram encontradas devido à "versatilidade" de alguns equipamentos como foi o caso do nanovoltímetro 181 da Keithley onde o chaveamento de suas entradas Volts e milivolts pode ser feito diretamente via IEEE488; isto nos possibilitou ler três medidas com apenas dois voltímetros.

Vale a pena lembrar que a aquisição dos dados pode ser feita através da razão entre a variação da magnetização e a variação do campo aplicado ($\Delta M/\Delta B$), determinando assim a densidade de pontos para a aquisição. [11]

Vale ressaltar que o sistema de controle pode ser desenvolvido

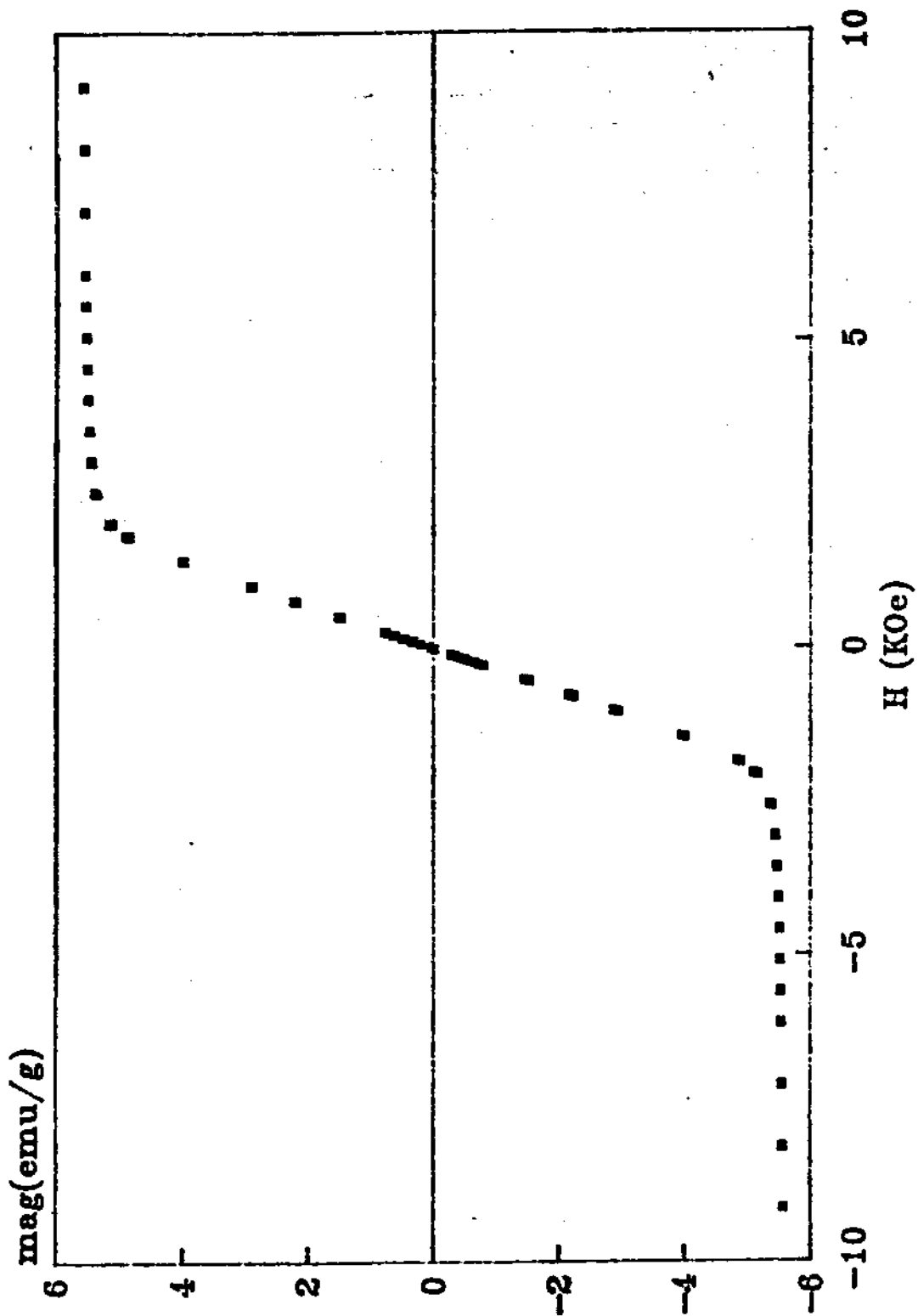
em sua maior parte com tecnologia nacional, sendo a maioria dos componentes encontrado no mercado brasileiro.

Nas páginas seguintes estão alguns resultados obtidos com o sistema nas três técnicas de medida.

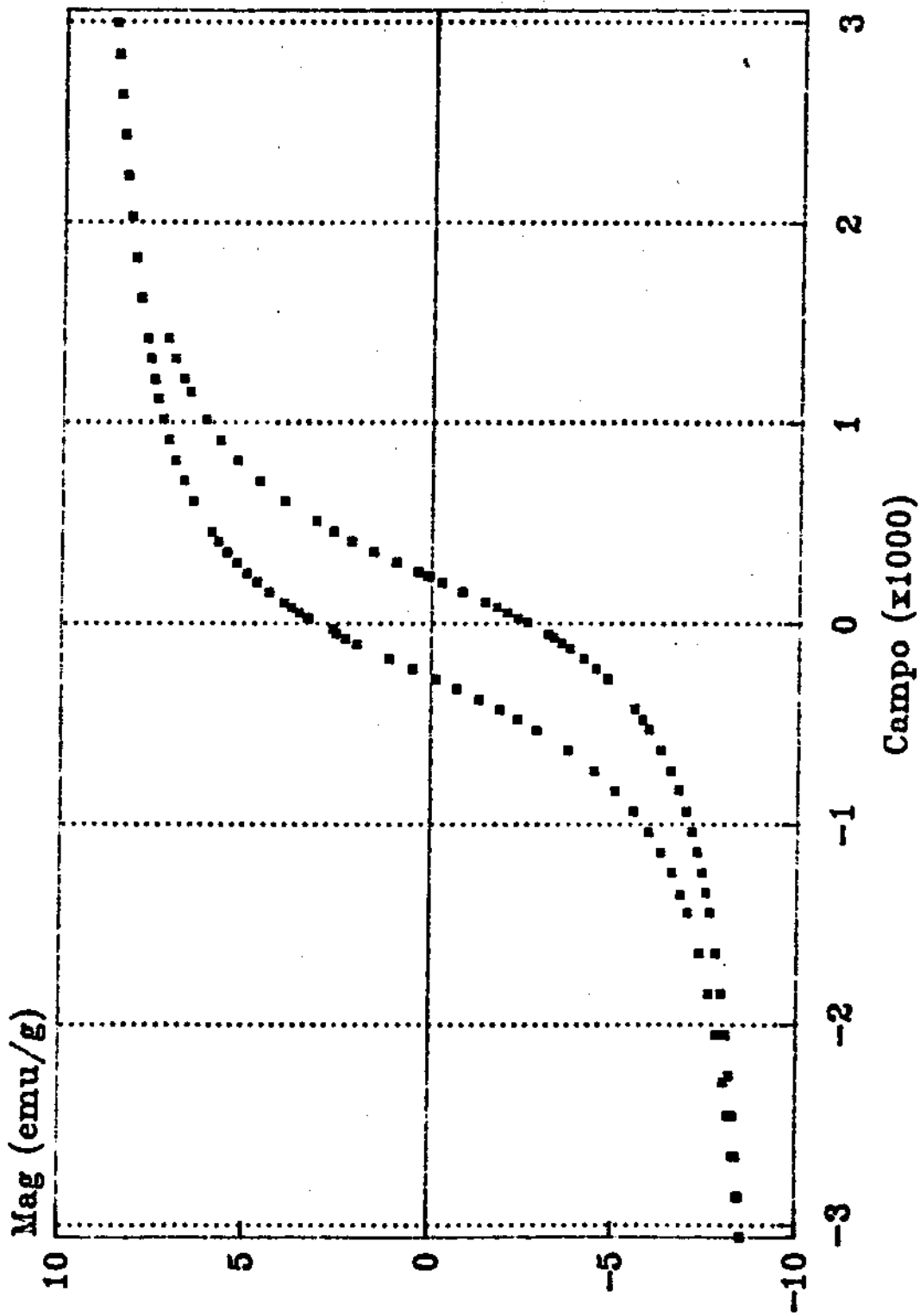
Agradecimentos:

Os autores agradecem a Prof. Sonia F. da Cunha, ao Prof Alfredo Marques, ao físico Luiz C.S. Lima e ao físico Armando Y. Takeuchi pela dedicada orientação ao projeto (Lab. Magnetometria) e aos companheiros da Divisão de Informática.

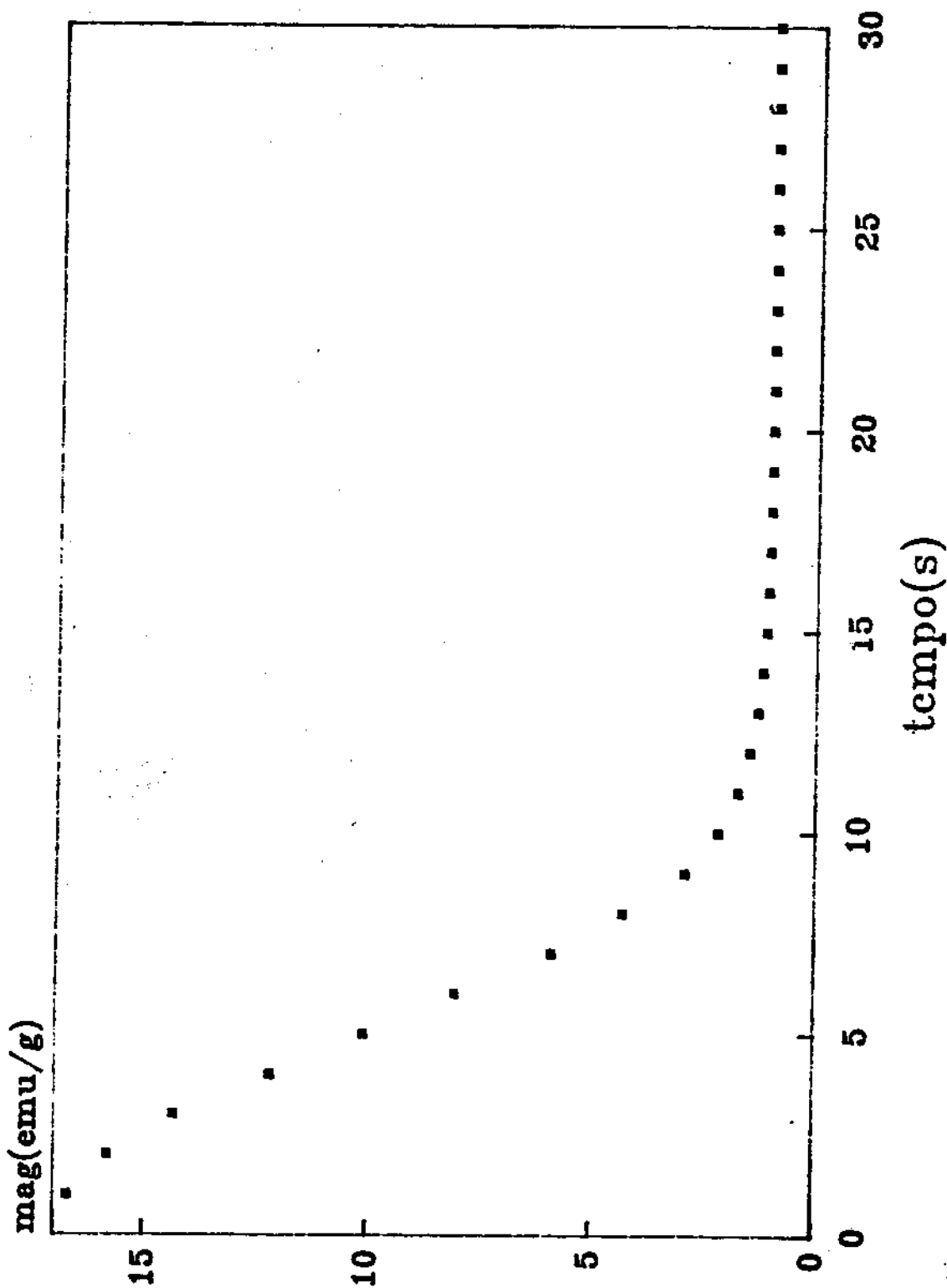
Niquel



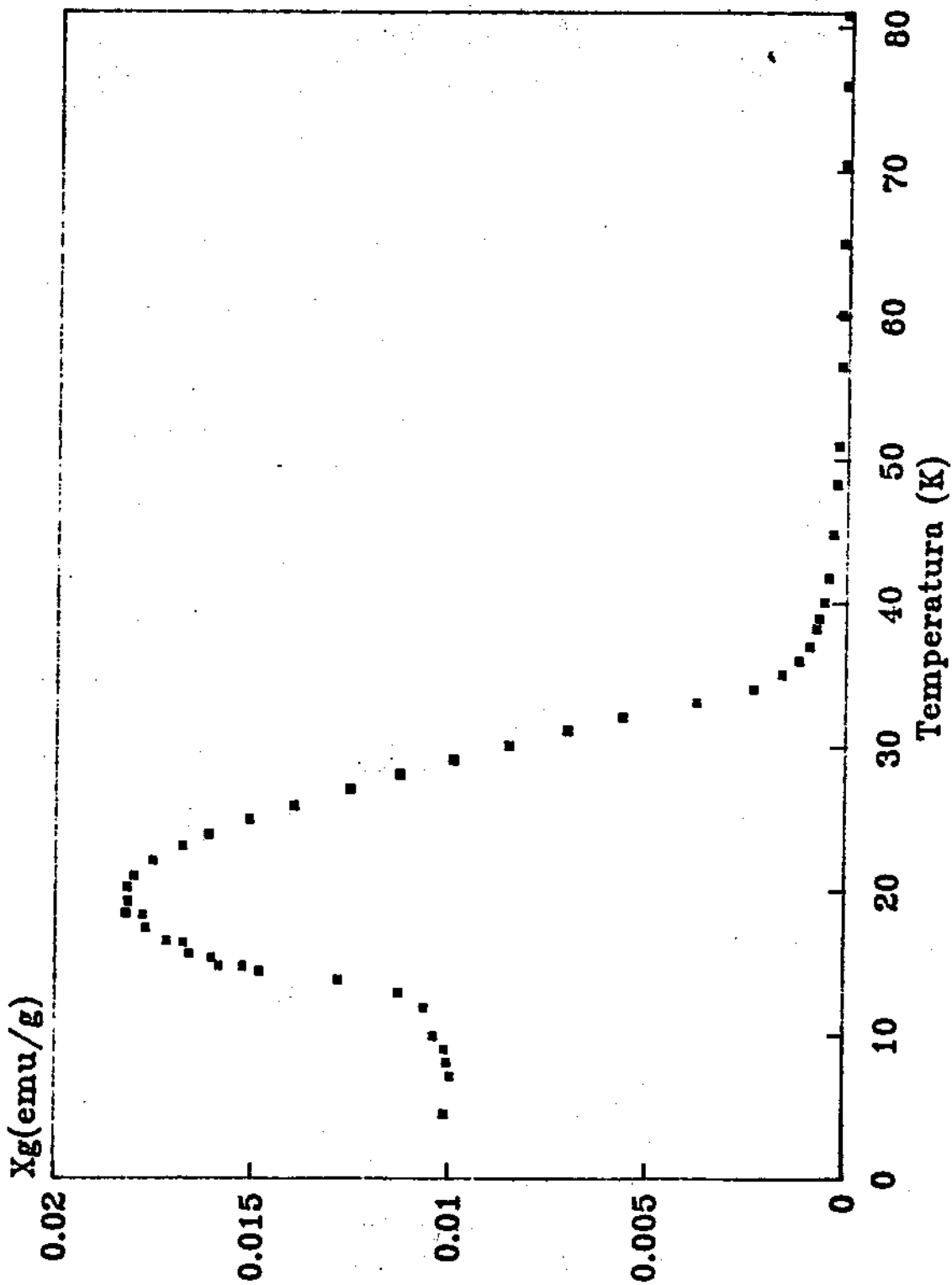
Temperatura ambiente/Divi-Mag 1289



Hf(Fe.75Al.25)₂



Hf(Fe.50Al.50)2



Digitized by CNPq / FAPESP

REFERÊNCIAS

- 1 - CNPq - Protótipos de Instrumentos do MCT - pag 287.
- 2 - Costa, A.P.R.; Cernicchiaro, G.R.C. e Machado, R.M.C. - 1984 - Anais da 36 SBPC. : p 404
- 3 - Hewlett Packard - Tutorial Description of the Hewlett-Packard Interface Bus (HPIB Systems).
- 4 - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc - 1975 - IEEE Standart Digital Interface for Programmable Instrumentation - IEEE Std 488
- 5 - Intel - 1980 - Component Data Catalog - 8291 pg 8-174
8292 pg 8-198
8253 pg 8-50
- 6 - Zuffo, J.A. -1981- Microprocessadores: Dutos de sistema, Técnicas de interface e Sistemas de Comunicação de Dados
Editora Edgard Blücher Ltda.
- 7-Loughry, D.C. e Allen, M.S. -1978- IEEE Standart488 and Microprocessor Synergism.
Proceedings of the IEEE, vol 66
- 8 - Palma, J.R. - 1985 - Tudo sobre o padrão IEEE 488 de comunicação
N. Eletrônica.
- 9 -Cernicchiaro,G.R.C.; Figueiredo, G.F.P.; Albuquerque, M.P.; Albuquerque, M.P.; Rodrigues, M.P. - 1988 - Anais da 40 SBPC : p.92
- 10 - Poblet, J.M. - 1980 - Interconexión de Periféricos a Microprocessadores. pag 60.
Baixareu Editores
- 11 - Hoon, S.R. e Willcock S.N.M. - 1988 - The Design and Operation of an automated double-crank vibrating sample magnetometer.
J. Phys E: Sci. Instrum.
- 12 - Libes, S. e Garetz, M. 1981 - Interfacing to S100/IEEE 696 Microcomputers.

Abstracts: In this work we describe a system that controls the magnetic fields and acquires data from a vibrating sample magnetometer. The system consists of a dedicated 8 bit microcomputer that controls an IEEE 488 interface connected to a Keithley multimeter and also to a nanovoltmeter. The magnetic field is controlled by a step motor and an optical sensor. The system software was developed in the C language makes easier adaptation to other microcomputers.

Key words:

Interface, IEEE488, S100, Magnetometric, GPIB