BIBLIOTECA
INSTITUTO DE QUÍMICA
Universidade de São Paulo
L. 19.276

INSTITUTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DISPOSITIVOS PARA CRISTAIS PIEZELÉTRICOS
DE QUARTZO COM ELETRODOS SEPARADOS
PARA ESTUDOS DE PROCESSOS FÍSICOS E
QUÍMICOS DE SUPERFÍCIE E FILMES
DEPOSITADOS

Carlos Antonio Neves

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Orientador: Claudimir Lucio do Lago

São Paulo

2000

INSTITUTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DISPOSITIVOS PARA CRISTAIS PIEZELÉTRICOS
DE QUARTZO COM ELETRODOS SEPARADOS
PARA ESTUDOS DE PROCESSOS FÍSICOS E
QUÍMICOS DE SUPERFÍCIE E FILMES
DEPOSITADOS

Carlos Antonio Neves

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Orientador: Claudimir Lucio do Lago

São Paulo

2000

"Dispositivos para Cristais Piezelétricos de Quartzo com
Eletrodos Separados para Estudos de Processos Físicos e
Químicos de Superfície e Filmes Depositados".

CARLOS ANTONIO NEVES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO INSTITUTO DE QUÍMICA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS - ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA.

Aprovado por:

Prof. Dr. CLAUDIMIR LÚCIO DO LAGO

IQ - USP

(Orientador e Presidente)

Profa. Dra. DENISE FREITAS SIQUEIRA PETRI

IQ - USP

Prof. Dr. JARBAS JOSE RODRIGUES ROHWEDDER

IQ - UNICAMP

**SÃO PAULO
02 DE OUTUBRO DE 2000.**

Aos meus Pais, à minha Vó e à Priscila de S. Lima (onde ela esteja)

AGRADECIMENTOS

Ao professor Claudimir Lucio do Lago por ter acreditado em meu potencial e por ter dado o espaço e a liberdade necessária para o meu aprimoramento como profissional e como pessoa. Também pela paciência, pela ajuda na confecção e pela revisão dessa dissertação.

Ao colega Dosil pelas discussões, auxílio em resultados obtidos e pelas valiosas considerações em relação à dissertação.

Ao colega José Geraldo (Zé) pelo tanto que me ensinou (e muitas vezes sem nem saber) e pelo auxílio em nosso trabalho de suporte à informática do laboratório.

Aos demais colegas Robinson, José Alberto, Carol, Heron, Tácio, Flávio, Adriana, Pilar, André, Fernando, Kevin Kostner, Eduardo, Gustavo, Renato, Jáiro, Daniela, pelo maravilhoso ambiente de trabalho proporcionado.

À minha família pelo apoio dedicado.

À FAPESP (incluindo todos os que trabalham ligados a ela) pelo financiamento desse trabalho e por ter me feito sentir *gente*.

ABSTRACT

This dissertation describes the development of devices based on separated-electrode piezoelectric quartz crystals (ESPC) to study surface modifications. This is accomplished by monitoring the oscillation frequency and impedance spectrum of the crystal in the cell.

A TTL oscillator coupled to a frequency counter and a microcomputer interface is used for monitoring the oscillation frequency. A dynamic link library and HP-VEE 4.0 programs were developed to control the interface. Other programs were also developed to acquire the impedance spectra from a spectrum analyzer by using the GPIB protocol.

The first device (DFD) is intended to study deposited films. It is made in Plexiglas, with brass electrodes positioned at a few tenths of millimeters from the crystal surface, and a thermostatic water jacket. The second device (DMS) is similar to the first one, but allows the use of corrosive reagents in the gas phase for surface modification. The performance of both devices was evaluated and the results showed good agreement between the deposited mass and the one predicted by Sauerbrey equation.

The DFD was used for offline monitoring of the crystal surface modification by N-[3-(triethoxysilyl)propyl]-1,2-ethanediamine followed by iodoacetic acid. The results show evidences of mass and viscoelastic variations of the film.

The DMS was used for on-line monitoring during surface modification with trimethylchlorosilane (TMCS) and dimethyldichlorosilane (DMDCS). Due to the monolayer formed by TMCS, no significant frequency variation could be observed. On the other hand, the polymerization of DMDCS could be monitored.

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de dispositivos usando cristais piezelétricos de quartzo com eletrodos separados (ESPC) que, através do monitoramento da frequência de oscilação e do espectro de impedância, permitem estudar modificações superficiais do cristal.

Para o monitoramento de frequência de oscilação, usou-se um circuito oscilador TTL seguido por um freqüencímetro e por uma interface conectada a um microcomputador. Para o controle desta interface, foi desenvolvida uma biblioteca de ligação dinâmica e um programa em HP-VEE 4.0. Os espectros de impedância foram obtidos via programas que controlam um analisador de impedâncias via protocolo GPIB.

O primeiro dispositivo presta-se a estudos de filmes depositados (DFD) e é feito em acrílico com eletrodos em latão posicionados a décimos de milímetros do cristal. Sua parte superior possui uma camisa de água para a termostatização. O segundo, semelhante ao primeiro, permite a modificação de superfície (DMS) de ESPC através da introdução de reagentes na fase gasosa. Os dois dispositivos foram caracterizados e o primeiro mostrou boa linearidade entre as massas depositadas e aquelas estimadas pela equação de Sauerbrey.

O DFD foi utilizado para monitoramento em tempo não real da modificação superficial do cristal por N-[3-(trimetoxisilil)propil]-1,2-etanodiamina seguida por reação com ácido iodoacético. Os resultados mostraram evidências de aumento de massa e mudança nas propriedades viscoelásticas do filme.

O DMS foi utilizado para monitoramento em tempo real da modificação superficial com trimetilclorosilano (TMCS) e dimetildiclorosilano (DMDCS). Com o TMCS, devido à formação de uma monocamada, não foi possível monitorar variações significativas de frequência de oscilação. Com o DMDCS foi possível verificar a formação de poli(dimetilsiloxano).

GLOSSÁRIO

A/D

Analógico/Digital.

AEAPS

grupo aminoetilaminopropilsilil.

AEAPTS

N-[3-(trimetoxisilil)propil]-1,2-etanodiamina ou N-(2-aminoetil)-3-aminopropiltrimetoxisilano ou aminoetilaminopropiltrimetoxisilano.

AIAC

ácido iodoacético

ASCII

the American Standard Code for Information Interchange

Ac

acetato

D/A

Digital/Analógico.

DCM

diclorometano

DFD

Dispositivo para filmes depositados.

DLL

Biblioteca de ligação dinâmica (DLL) é um módulo executável (extensão .dll, na plataforma Windows) contendo um código que é usado por outras DLL ou aplicativos.

ESPC

Electrode Separeted Piezelectric Crystal ou Cristal Piezelétrico de Eletrodos Separados.

PDMS

polidimetilsiloxano

PQC

Piezelectric Quartz Crystal ou Cristal Piezelétrico de Quartzo.

PVC

Poli(cloreto de vinila).

TTL

Transistor-Transistor Logic ou Lógica Transistor-Transistor.

Win32

Denominação genérica ao sistema operacional Windows 95, 98 ou NT, da Microsoft, que são de 32 bits.

admitância

É o inverso da impedância.

componente ativo

É um componente que precisa de energia elétrica adicional para o seu funcionamento.

componente passivo

É um componente que não precisa de energia elétrica adicional para o seu funcionamento.

damping

Termo usado para se referir à um amortecimento ou atenuação de um sinal.

driver

Um programa ou dispositivo que possibilite o controle de algo.

fase

É a defasagem entre a corrente e a tensão alternada aplicada sobre um dispositivo em estudo no plano complexo.

impedância

É a medida à oposição da passagem de corrente elétrica por um componente quando é aplicada uma certa tensão alternada para uma dada frequência. Seu valor é dado em ohm.

viscoelasticidade

Propriedade intermediária entre um sólido elástico, que segue as leis de Hook, e um líquido viscoso, que segue as leis de Newton.

pieleletridade

Efeito observado em materiais que ao sofrerem mudanças de temperatura desenvolvem simultaneamente variações de carga nas extremidades opostas ao eixo polar (eixo óptico).

py

piridina

sorção

Combinação de absorção e adsorção.

Sumário

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	4
1.1	PIEZELETRICIDADE	4
1.2	O MATERIAL PIEZELÉTRICO	5
1.3	O CRISTAL PIEZELÉTRICO DE QUARTZO (PQC)	6
1.4	PIEZO-OSCILADORES	10
1.5	CRISTAL PIEZELÉTRICO DE ELETRODOS SEPARADOS (ESPC)	12
1.6	ANÁLISE DE IMPEDÂNCIA/ADMITÂNCIA	13
1.7	SUPERFÍCIE DO PQC	17
1.8	APLICAÇÕES ANALÍTICAS DO PQC E ESPC	17
1.9	OBJETIVOS	19
2	PARTE EXPERIMENTAL	20
2.1	FERRAMENTAS USADAS NOS EXPERIMENTOS	20
2.1.1	Cristal piezelétrico de eletrodos separados (ESPC)	20
2.1.2	Dispositivo de Filmes Depositados (DFD) usando ESPC	20
2.1.3	Dispositivo de Modificação de Superfícies (DMS) usando ESPC	21
2.1.4	Sensor de temperatura	24
2.1.5	Circuito oscilador	26
2.1.6	Circuito para controle de válvulas solenóides	28
2.1.7	Placa de interfaceamento AT-MIO-16XE-50	28
2.1.8	Biblioteca de Ligação Dinâmica (DLL) para o controle da interface	29
2.1.9	Software feito em HP-VEE para controle da interface AT-MIO-16XE-50 através de uma DLL	30
2.1.10	Software feito em HP-VEE para aquisição de espectros de impedância com o analisador de impedâncias HP4194A	30
2.1.11	Software feito em HP-VEE para aquisições contínuas de espectros de impedância com o analisador de impedâncias HP4194A	31
2.1.12	Software feito em HP-VEE para simulação do ESPC	31

2.2	CONFIGURAÇÕES EXPERIMENTAIS COM O DFD	32
2.2.1	Configuração usando o método do oscilador	32
2.2.2	Configuração usando o método do analisador de impedância	32
2.3	CONFIGURAÇÕES EXPERIMENTAIS COM O DMS	33
2.3.1	Configuração sem condicionamento gasoso da linha de gás e sem automatização	33
2.3.2	Configuração sem condicionamento gasoso da linha de gás e com automatização	34
2.3.3	Configuração com condicionamento gasoso da linha de gás e com automatização	35
2.4	EXPERIMENTOS COM O DFD	37
2.4.1	Estudo da dependência do ESPC em relação ao DFD	37
2.4.2	Estudo da validade da equação de Sauerbrey usando ESPC	37
2.4.3	Monitoramento das propriedades de filmes usando o DFD: ESPC modificação com AEAPTS (aminoetilaminopropiltrimetoxisilano) e posterior reação com AIAC (ácido iodoacético) e piridina	38
2.5	EXPERIMENTOS COM O DMS	41
2.5.1	Monitoramento da silanização do ESPC com o método do oscilador . .	41
2.5.2	Monitoramento da silanização do ESPC com o método do analisador de impedâncias	41
2.5.3	Determinação da umidade relativa do nitrogênio usado nos experimentos	41
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO DFD	43
3.2	APLICAÇÕES DO DFD	44
3.2.1	Aplicação da equação de Sauerbrey com ESPC	44
3.2.2	Monitoramento das características de um filme obtido com AEAPTS e com AIAC usando um ESPC	47
3.3	ESTUDOS DE SILANIZAÇÃO DE ESPC	53
4	CONCLUSÕES	63
5	PERSPECTIVAS	65

6 ANEXOS

73

- 6.1 Dedução da equação de Sauerbrey para depósitos de massa em ambas e em uma das faces. 74
- 6.2 Header da DLL e o código fonte feito em Delphi 2.0 usados no HP-VEE para o controle da interface AT-MIO-16XE-50 (Placa da série E da National Instruments) 79
- 6.3 Código fonte do programa em HP-VEE 4.0 para controle da interface AT-MIO-16XE-50 85
- 6.4 Programa para aquisição de espectros de impedância usando o HP4194A . . . 105
- 6.5 Programa para aquisição contínua de espectros de impedância usando o HP4194A 111
- 6.6 Programa para simulação de um ESPC em HP-VEE 4.0 129

7 CURRICULUM VITAE

139

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 PIEZELETRICIDADE

A origem da palavra piezeletricidade vem do grego piezo, que significa pressão, e eletricidade. Esse fenômeno, de se obter eletricidade através de deformação, é antigo e já fora cogitado e observado por outros pesquisadores [1]. Somente, tempos depois, os irmãos Curie é que receberam os méritos do descobrimento com seus estudos em 1880 [1, 2]. Eles estudaram diferentes tipos de cristais e, entre eles, o quartzo natural, e verificaram que os comprimindo em uma dada orientação, conseguia-se gerar um potencial elétrico em sua superfície que é proporcional a deformação aplicada. Um ano depois, Lippmann [1] observou o efeito contrário, isto é, gerar uma deformação a partir de um potencial elétrico. Também mostrou que o seu coeficiente piezelétrico, isto é, a sua taxa de transdução, era igual tanto no efeito direto como no inverso.

Com a necessidade de se aplicar novas tecnologias, suas potencialidades foram exploradas pela indústria bélica. Inicialmente, na Primeira Grande Guerra Mundial, no desenvolvimento de comunicação via rádio e sonares e, posteriormente, na Segunda Grande Guerra, no aperfeiçoamento para detecção de submarinos [2, 1]. Basicamente, nos sistemas que necessitam de um sinal que oscile em uma frequência bem definida, usa-se um PQC (cristal piezelétrico de quartzo). Várias são as áreas de uso, por exemplo: bélica (sonares, radares, navegação, aviação, identificação amigo ou inimigo (IFF)), informática (computadores, display digital, discos rígidos, modems, monitores), telecomunicações (Global Position System (GPS), celulares e pagers), produtos para consumidores em geral (televisores, rádios, relógios à quartzo, videocassetes, brinquedos) e pesquisa (dispositivos astronômicos de varredura espacial e navegação celestial, microposicionadores, medidores de pressão, sensores de temperatura, microbalanças e freqüencímetros).

1.2 O MATERIAL PIEZELÉTRICO

Existem vários tipos de materiais piezelétricos como, por exemplo, o sal de Rochelle (tartarato de sódio e potássio), cristais como o quartzo alfa e a turmalina e cerâmicas como o titanato de bário e o titanato de zinco e chumbo [3]. Em todos eles, o fenômeno piezelétrico é explicado pelas suas estruturas. Contudo, alguns minerais desenvolvem tão pouca carga que não se pode detectar o fenômeno [2].

Das 32 classes cristalinas existentes, 21 são assimétricas. Dentre essas, são piezelétricas 20 e 10 desta apresentam piroeletricidade (figura 1) [2, 3].

Figura 1: Esquema da classificação dos 32 grupos cristalinos.

Isso implica que eles não têm eixo de simetria e mostram propriedades anisotrópicas, isto é, não apresentam as mesmas propriedades ao longo de sua extensão e variam conforme a orientação.

Os sólidos são eletricamente neutros em sua extensão. Eles podem ser formados por cargas que se anulam, como nos sais (sal de Rochelle, por exemplo), ou através de cancelamento de momento de dipolo, como em sólidos de ligação covalente (quartzo alfa, por exemplo). Neles não há uma rede de momento de dipolo, pois o arranjo dos átomos ou íons promove o cancelamento dos dipolos ou cargas. Mas, para alguns desses materiais, quando sofrem uma certa deformação, a cela unitária gera um momento de dipolo induzido. Isso acontece em toda a estrutura que, por conseguinte, gera um momento de dipolo induzido resultante e conseqüentemente um campo elétrico na mesma direção do vetor momento de dipolo resultante.

1.3 O CRISTAL PIEZELÉTRICO DE QUARTZO (PQC)

Dentre todos os materiais piezelétricos, o mais comercializado é o cristal de quartzo. Sua abundância natural e baixa solubilidade confere a sua grande utilização nas mais diferentes aplicações. Até 1956, o quartzo utilizado era o obtido por processos de mineração. Hoje ele é "cultivado", isto é, ele cresce em ambiente industrial controlado. Nesse processo o quartzo obtido é chamado de "quartzo sintético" e é de extrema pureza [4, 5].

Figura 2: Diagrama de fase do quartzo [5].

O quartzo é um mineral duro e comumente encontrado na natureza. Sua química é a do dióxido de silício (SiO_2) que, com suas variedades (cristalina ou amorfa, pura ou impura), compreendem cerca de um décimo da crosta terrestre. Dentre as formas impuras podemos citar a ametista (de cor violeta) e a citrina (de cor amarelada). A calcedônia, o sílex e o jaspe apresentam-se como uma massa de grãos finos não cristalizados. Dentre as formas mais comuns do SiO_2 cita-se a tridimita, a cristobalita e o quartzo. As duas primeiras convertem-se no quartzo durante um período de tempo muito longo em temperatura ambiente. A ocorrência do quartzo na natureza se dá na forma de cristais puros, extremamente duros, transparentes e aspecto vítreo. Seu grupo cristalino é o trigonal trapezoidal [6]. O quartzo é insolúvel na presença da maioria dos ácidos, mas é decomposto em ácido fluorídrico e em álcalis. Seu ponto de fusão e sua densidade são $1750^\circ C$ e $2,65 g \cdot cm^{-3}$, respectivamente. O quartzo alfa (ou quartzo baixo) cristaliza-se em temperaturas abaixo de $573^\circ C$. Acima dessa temperatura, entre 573 e $870^\circ C$, transforma-se no quartzo beta (ou quartzo alto) (figura 2). O ponto de Curie (temperatura onde, acima dela, o material perde suas propriedades piezelétricas) é a temperatura de mudança do quartzo alfa para o beta ($573^\circ C$). Na natureza encontram-se as duas formas enantiomorfos do quartzo alfa: a levógira e a dextrógira (figura 3). Apesar das duas formas serem igualmente úteis, nos processos de fabricação das lâminas, tomou-se a destra como padrão.

Figura 3: As duas formas enantiomorfas do quartzo: levógiro e dextrógiro. As duas figuras superiores representam as visões na direção do eixo Z [5].

Com relação ao sistema de orientação, o eixo Z é chamado de "eixo óptico" ou eixo c. Nesse eixo, a cada 120° , as propriedades do quartzo são repetidas. Quando um feixe de luz polarizada, atravessa o cristal ao longo do eixo Z, seu plano da luz é rotacionado. No caso, o plano é rotacionado no sentido horário com o quartzo dextrógiro e no sentido anti-horário com o quartzo levógiro. Essa habilidade de opto-rotação é usada em instrumentos ópticos e não tem nenhuma aplicação no controle de frequência [7].

As lâminas são obtidas através de um sistema de orientação em relação ao eixo óptico. Dependendo da orientação cristalográfica, as propriedades da lâmina variam consideravelmente. Isso por que o quartzo alfa é altamente anisotrópico. Por exemplo, se mergulharmos uma esfera de quartzo alfa em HF, ao olharmos na direção do eixo óptico veremos uma forma triangular e se olharmos na direção do eixo Y veremos um formato lenticular. A taxa de corrosão ao longo do eixo Z é cerca de 100 mais rápida que na direção do eixo X que tem a taxa de corrosão mais baixa.

Os corte tem usualmente duas letras, onde a letra T indica um corte de temperatura compensada. Assim o corte AT foi o primeiro corte de temperatura compensada descoberto. Os corte FC, IT, BT e RT são outros ao longo da região de coeficiente de temperatura zero. Esses cortes foram estudados no passado (depois da descoberta do corte SC) para algumas propriedades especiais, mas são raramente usado hoje. Os osciladores mais estáveis são os que

Figura 4: Os cortes AT, FC, IT, SC e RT são alguns cortes na região de coeficiente de temperatura zero. O corte LC é um corte de "coeficiente linear" que tem sido usado em termômetros à quartzo [5].

Figura 5: Modos vibracionais de onda acústica (BAW) [5].

empregam o uso de cristais SC [8]. A região dos cortes de coeficiente de temperatura zero é mostrada na figura 4.

Na figura 5 estão representados alguns modos vibracionais como o flexural, o extensional, o de cisalhamento facial (*face-shear mode*) (cortes CT e DT), o de onda superficial (*surface acoustic wave* ou SAW) e o de cisalhamento de espessura (*thickness-shear mode* ou TSM) (cortes AT, BT e SC). O último modo é um dos mais utilizados para osciladores de alta frequência. O modo TSM, quando um campo elétrico alternado atravessa o cristal com seu vetor campo elétrico perpendicular à sua superfície, tem a sua frequência de ressonância relacionada com a espessura da lâmina que, por sua vez, corresponde à metade do comprimento de onda do campo elétrico oscilante. A onda acústica que se propaga pelo interior da lâmina do cristal pode ser representada por um modelo mecânico ou elétrico conforme a figura 6, visto que ambos podem ser descritos pela mesma equação diferencial.

Figura 6: Representação mecânica e elétrica de uma lâmina de cristal piezelétrico, onde C, L e R são, respectivamente, um capacitor, um indutor e um resistor [5].

A mola, a massa e o amortecedor têm seus análogos no mundo elétrico sendo eles o capacitor, o indutor e a resistência, respectivamente. A força motora corresponde à voltagem aplicada sobre o cristal, o deslocamento da massa, ao capacitor e a velocidade, à corrente [5].

1.4 PIEZO-OSCILADORES

Os cristais do tipo AT, encontrados comercialmente, possuem eletrodos metálicos depositados em suas faces e são protegidos por um encapsulamento metálico. A figura 7 ilustra um dos diferentes tipos de encapsulamento de PQC. A atmosfera dentro da cápsula é inerte para evitar oxidação dos eletrodos metálicos que são normalmente de prata.

A representação elétrica do cristal com eletrodos depositados é análoga à da figura 6, mas com o acréscimo de um capacitor em paralelo com o modelo elétrico (figura 8). Esse novo esquema elétrico é conhecido como esquema elétrico de BVD (Butterworth-van Dyke). Os componentes C_q , L_q e R_q representam a lâmina do cristal de quartzo como dito anteriormente. Esse ramo do esquema elétrico é chamado de braço dinâmico (também chamado de *motional*) e os valores dos componentes são determinados pelas propriedades da lâmina de quartzo. O valor C_0 representa o capacitor formado pelas placas metálicas dos eletrodos depositados,

Figura 7: Cristal piezelétrico do tipo TSM encapsulado [5].

Figura 8: Representação elétrica do cristal piezelétrico com eletrodos depositados, onde C_0 representa a capacitância estática da montagem e L_q , C_q e R_q representam a lâmina do PQC.

sendo o quartzo o dielétrico, juntamente com a capacitância gerada pelo restante da montagem. Quando o cristal piezelétrico é devidamente conectado a um circuito oscilador, esse é chamado de piezo-oscilador. Sua frequência de oscilação é determinada pela frequência de ressonância do PQC. Para que o sistema oscile é necessário que haja uma realimentação positiva. Isso significa que deve existir uma interferência construtiva entre a tensão alternada aplicada nos eletrodos e a onda mecânica que se propaga pela lâmina do cristal.

Um cristal piezelétrico pode oscilar em três situações diferentes e cada uma dessas situações fornecendo dois valores bem distintos de frequência. A primeira situação é quando não há amortecimento da onda mecânica ($R_q = 0$). Nessa condição obtêm-se as frequências de ressonância e antirressonância. A segunda situação é quando há amortecimento da onda mecânica ($R_q \neq 0$). Nessa nova condição obtêm-se as frequências de ressonância série e ressonância paralela. A terceira e última situação é onde a impedância é mínima e máxima na curva de impedância. Nessa última condição obtêm-se os valores de frequência no mínimo

Figura 9: Esquema elétrico de um ESPC, onde C_0 representa a capacitância estática do capacitor formado pelas superfícies da lâmina de quartzo, L_q , C_q e R_q representam a lâmina do PQC e C_1 e C_2 representam os capacitores formados pela separação dos eletrodos metálicos da superfície do PQC juntamente com a capacitância da montagem.

de impedância e no máximo de impedância [9]. Para que o sistema trabalhe em uma ou em outra é necessário confeccionar um circuito adequado para cada regime. Nesse trabalho foram usados piezo-osciladores que oscilam na frequência de ressonância em série. Portanto, quando o texto se referir à frequência de ressonância ou frequência de oscilação é que estará sendo falado da frequência de ressonância em série.

É importante ressaltar que o método do oscilador, normalmente empregado, serve apenas para monitorar a frequência de ressonância em série. Quando se trabalha com um analisador de impedâncias, é possível se obter o valor de frequência para diferentes valores de ângulo de fase, inclusive para valores de fase onde o método do oscilador seria inviável.

1.5 CRISTAL PIEZELÉTRICO DE ELETRODOS SEPARADOS (ESPC)

Uma outra modalidade de aplicação de piezo-osciladores usa o PQC com seus eletrodos separados a uma certa distância da superfície da lâmina de quartzo. Este dispositivo é chamado de cristal piezelétrico de eletrodos separados (ESPC). Supondo um PQC com os dois eletrodos separados, sua representação elétrica é a mesma da figura 8, mas com dois capacitores em série com o circuito. Esses dois capacitores podem ser representados por apenas um único capacitor equivalente. Cada capacitor adicional é a representação dos capacitores formados pelas camadas de ar que surgem com a separação dos eletrodos juntamente com a capacitância da montagem. Seu esquema elétrico pode ser visto na figura 9.

A desvantagem do ESPC em relação ao PQC com eletrodos depositados é que sua

interpretação matemática é mais complexa. Por outro lado, oferece vantagem por não ter os eletrodos metálicos depositados em suas faces. Isso permite que o ESPC possa ser usado em meios corrosivos com uma maior liberdade de manuseio. Também é possível a recuperação superficial de um ESPC quimicamente modificado por um processo de corrosão alcalina controlado. Isso aumenta a vida útil do cristal sem comprometer drasticamente na sua frequência de ressonância.

1.6 ANÁLISE DE IMPEDÂNCIA/ADMITÂNCIA

Existem basicamente três tipos de componentes elétricos passivos que, através de associações entre eles, é possível explicar o comportamento elétrico de vários dispositivos passivos mais complicados através de um circuito elétrico equivalente. Esses componentes são o resistor, o capacitor e o indutor. Eles podem ser submetidos a dois regimes diferentes: transiente (ou transitório) e estacionário [10]. O regime transiente caracteriza-se quando o circuito é comutado de uma condição para outra. Isso ocorre quando é variada a tensão elétrica e conseqüentemente a corrente de um valor inicial para outro valor pelos ramos do circuito elétrico. Após esse período de transição diz-se que o circuito alcançou o estado estacionário. O estudo do estado transiente é mais complicado e não será abordado nesse trabalho. Será falado de dois tipos de corrente em regime estacionário: corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA). Ambas são provocadas por uma tensão constante em função do tempo (tensão contínua ou VC) ou por uma tensão que varia com o tempo periodicamente (tensão alternada ou VA). Existem vários tipos de tensão alternada periódica. Podemos citar, por exemplo, a onda quadrada, a onda triangular e a onda senoidal. Essa última é a mais usada.

Quando se trabalha com tensão contínua (VC) em regime estacionário esses três componentes apresentam comportamentos diferentes. O resistor apresenta uma certa resistência a passagem de corrente respeitando a lei de Ohm. O capacitor mostra-se como um circuito aberto não permitindo a passagem de corrente (resistência infinita). O indutor mostra-se como um curto-circuito não oferecendo nenhuma oposição a passagem de corrente (resistência zero). É lógico que esses comportamentos são para componentes ideais, pois, por exemplo, um indutor real, feito com fios metálicos, possui uma resistência intrínseca ao material condutor

e também uma capacitância intrínseca devido à geometria de sua construção. Existem vários aparelhos que tem comportamentos semelhantes a um desses componentes. Uma solução aquosa contendo algum eletrólito apresenta características resistivas. Um motor possui características indutivas devido ao seu enrolamento. Um processo eletroquímico possui na interface eletrodo-solução um comportamento capacitivo devido a dupla camada elétrica.

Já quando se trabalha com tensão alternada (VA) em regime estacionário esses componentes apresentam comportamentos diferentes de quando se trabalha com tensão contínua. Podemos separá-los em dois grupos: (1) os que *não apresentam* defasagem da corrente em relação à tensão alternada aplicada e (2) os que *apresentam* defasagem da corrente em relação à tensão alternada aplicada. Entenda por defasagem o quanto de atraso ou adiantamento ocorre na corrente em resposta em relação à tensão aplicada em um certo instante. É mais fácil de se ver sobrepondo a curva da tensão aplicada e da corrente que surge em resposta à essa tensão. O primeiro grupo, mencionado anteriormente, é composto pelo resistor e seu valor é quantificado como uma resistência (normalmente representada por R). O segundo grupo composto pelo indutor e o capacitor são quantificados não com o conceito de resistência e sim com o de reatância (normalmente representada por X), pois não obedecem a lei de Ohm. Desse segundo grupo o indutor adianta a corrente em 90° ($+\pi/2$) em relação a tensão aplicada enquanto que o capacitor atrasa em 90° ($-\pi/2$) em relação a tensão aplicada. A partir de então é necessário usar um novo sistema de coordenadas para representar esses dois tipos de comportamento: os que não defasam a corrente e os que defasam a corrente ambos em relação a uma tensão aplicada. Para tal usa-se o plano complexo de Gauss, onde no eixo real representa-se o comportamento resistivo e no eixo imaginário os comportamentos indutivo ($+90^\circ$ em relação ao eixo real) e capacitivo (-90° em relação ao eixo real). Esse tipo de representação é feita em um diagrama de fasores. Todos com suas respectivas magnitudes. Logo a resistência é um número complexo com parte imaginária nula e a reatância é um número complexo com parte real nula. Um componente resistivo ideal não apresenta mudanças de resistência em função da tensão alternada aplicada a ele ($R = R(f) = cte$) e seu valor é dado em ohm. Um componente indutivo ideal apresenta um aumento da oposição à corrente quando se aumenta a frequência

da tensão alternada aplicada e seu valor é dado por

$$X_L = +\omega L$$

onde X_L é a reatância indutiva dada em ohm, $\omega = \omega(f) = 2\pi f$ é a frequência angular que é função da frequência em hertz e L é o valor do indutor dado em henry. Um componente capacitivo ideal apresenta uma queda na oposição da passagem da corrente quando se aumenta a frequência da tensão alternada aplicada e seu valor é dado por

$$X_C = -\frac{1}{\omega C}$$

onde X_C é a reatância capacitiva dada em ohms, $\omega = \omega(f) = 2\pi f$ (frequência angular) que é função da frequência em hertz e C é o valor do capacitor dado em faraday. Em um circuito equivalente, a soma das resistências e das reatâncias fornecem a impedância do circuito dada por

$$Z = R + Xi$$

onde Z é a impedância complexa, R é a soma de todas as contribuições resistivas (reais) do circuito, X é a soma de todas as contribuições reativas (indutivas e capacitivas) (imaginárias) do circuito e i é o número imaginário.

O módulo da impedância é dado pela expressão

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

em ohm que fornece o quanto o circuito está se opondo como um todo à passagem de corrente para uma dada frequência. A defasagem do circuito é dada pela expressão

$$\theta = \arctan \frac{X}{R}$$

onde θ é o ângulo de fase em radianos que dá a defasagem resultante do circuito para uma dada frequência.

A admitância é o inverso da impedância e fornece o quanto o circuito favorece à passagem de corrente dada por

$$Y = G + Bi = \frac{R^2}{R^2 + X^2} + \frac{X^2}{R^2 + X^2}i$$

onde Y é a admitância complexa, G é a condutância (real), B é a susceptância (imaginária) e i é o número imaginário.

Com relação às regras associação de impedâncias, elas são semelhante as regras de associação de resistências. Quando em série, a impedância equivalente é a soma das impedâncias. Quando que em paralelo, o inverso da impedância equivalente é a soma dos inversos das impedâncias. Já para a admitância, é semelhante as regras de associação de capacitores. Quando em série, o inverso da admitância equivalente é a soma dos inversos das admitâncias. Quando em paralelo, a admitância equivalente é a soma das admitâncias.

Um outro modo de efetuar estudos com cristais piezelétricos é usando, ao invés de um circuito oscilador, um analisador de impedância que mede a impedância de um dispositivo. São feitas medidas para diferentes valores de frequência. Assim, obtém-se um espectro do módulo da impedância em função da frequência. Também é obtida a defasagem da corrente em relação à tensão aplicada em função da frequência. Alguns equipamentos comerciais têm a possibilidade de ajustar os parâmetros do modelo da figura 8, que corresponde ao cristal piezelétrico de eletrodos depositados em suas faces, com os dados experimentais dos espectros de impedância. Ainda não há um equipamento comercial que ajuste dados experimentais para um ESPC.

Essa técnica tem a vantagem de fornecer mais informações sobre as características do sistema em estudo do que usando um circuito oscilador, como a leitura da frequência de ressonância em série e a resistência do circuito equivalente [11, 12]. Com isso é possível associar propriedades do sistema em estudo com os elementos do ramo dinâmico do esquema elétrico do cristal. Yang e Thompson mostraram a associação da variação de massa e propriedades viscoelásticas de um filme sobre um cristal de eletrodos depositados com os componentes indutivos e resistivos, respectivamente, do circuito equivalente [9].

Figura 10: A estrutura química da superfície da sílica.

1.7 SUPERFÍCIE DO PQC

A sílica amorfa é muito utilizada como fase estacionária em cromatografia. Apesar de não apresentar uma estrutura cristalina, como a do quartzo, ambos possuem uma superfície rica em grupos silanóis. Como pode ser visto na figura 10, há interação dos grupos silanóis com a água e entre eles próprios e também há grupos siloxanos [13]. Esses últimos podem ser eliminados através de um processo de ativação da superfície na qual esta é tratada com solução ácida, ou alcalina, transformando-os em grupos silanóis.

Vários são os processos industriais que usam sílica-gel, fibra de vidro e sílica pulverizada para servirem como material suporte. Esses substratos podem sofrer modificações químicas com reagentes que possuem grupos que permitam complexar metais para processos catalíticos ou ainda possibilitar outras reações com grupos de interesse [14].

Por esse aspecto o ESPC pode ser um dispositivo de grande valor para o entendimento da própria química superficial da sílica.

1.8 APLICAÇÕES ANALÍTICAS DO PQC E ESPC

A partir do experimento de Sauerbrey, que depositou finos filmes metálicos e rígidos sobre os eletrodos de um cristal de quartzo do tipo AT, ele deduziu uma equação [15] que relaciona variações de frequência de oscilação com variações de massa

$$\Delta f = \frac{-2,3 \times 10^6 \cdot f_0^2 \cdot \Delta m}{A} \quad (1)$$

onde, Δf é a variação de frequência em Hz , f_0 é a frequência de ressonância da lâmina do cristal de quartzo em MHz , Δm é a variação de massa do filme depositado associada com

a variação de frequência em *gramas* e A é a área total de ambas as faces com o depósito do filme em cm^2 . Por esta equação, se usarmos um cristal do tipo AT de $9MHz$ e uma área útil total de $0,2cm^2$, teríamos uma sensibilidade de $1Hz/ng$ aproximadamente. Isto é, se tivéssemos uma resolução de medida de frequência de $1Hz$ seria possível medir uma massa de $1ng$. Uma forma de aumentar a sensibilidade da medida seria trocar a lâmina do cristal por outra de frequência de ressonância maior. Essa mudança implica em um gasto maior, pois os cristais de frequência maior são mais caros e o circuito oscilador sofre mudanças para poder se ajustar ao novo cristal de frequência maior. Uma outra forma possível também seria aumentar a resolução da medida sem mudar o sistema bastando efetuar contagem de pulsos em intervalos maiores que $1s$, isto é, em frações de hertz. Essa possibilidade de leitura de massas tão pequenas com dispositivos baratos despertou o interesse dos pesquisadores na aplicação de monitoramento gravimétrico.

Existem kits comerciais para se trabalhar com cristais piezelétricos com eletrodos metálicos depositados, mas são caros e seus circuitos osciladores são de difícil customização. Para quem não tem conhecimento de eletrônica essa opção pode ser interessante, mas arriscada, pois se está trabalhando, na maioria das vezes, com uma caixa preta. Portanto é preciso saber quais são os parâmetros que interferem na operação do kit a ser adquirido.

Uns dos primeiros a usar os cristais foram Slutsky e Wade [16]. Neste trabalho eles usaram um PQC de $10MHz$ com os eletrodos separados a uma certa distância. Logo depois King [17] usou um cristal de $9MHz$, com eletrodos depositados, recoberto com material usado em cromatografia gasosa, para detectar hidrocarbonetos. Verificou também que a frequência de oscilação não dependia do nitrogênio, que era utilizado como gás de arraste. Ele chamou esse detector de *detector de sorção* por apresentar uma combinação dos efeitos de adsorção e absorção. Somente no início da década de 80 é que foi possível a total imersão do cristal em fase líquida por Nomura [18]. Depois, em 1982, Nomura apresentou uma equação polinomial empírica aplicada a líquidos orgânicos de baixa condutividade que relacionava a variação de frequência com a viscosidade e a densidade [19]. Posteriormente, Kanazawa e Gordon deduziram uma equação que relaciona as propriedades do cristal com as propriedades do líquido [20].

1.9 OBJETIVOS

Ao contrário do que acontece com o PQC com eletrodos depositados, o ESPC não permite, de um modo geral, um monitoramento simplificado do seu comportamento em função de modificações superficiais. No primeiro caso, os eletrodos estão todo o tempo depositados e, portanto, o dispositivo pode, a qualquer momento, ser introduzido em um circuito oscilador ou em um analisador de impedâncias. Por outro lado, o ESPC necessita ser introduzido em uma cela. Caso o posicionamento dentro desta cela não seja reprodutivo, o comportamento do ESPC estará sendo alterado o tempo todo, impedindo que uma análise sistemática deste seja realizada.

Esta não foi uma limitação severa para maioria dos trabalhos realizados até o momento com ESPC, pois este não sofria qualquer modificação prévia de sua superfície. Tanto em trabalhos de caracterização [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29] com em trabalhos de aplicação [29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40]. No entanto, temos introduzido a utilização de ESPC com superfície modificada [41, 42, 43] com duas finalidades: (1) desenvolver detectores mais sensíveis para sistemas em fluxo e (2) utilizar o ESPC para estudar fenômenos que ocorrem na superfície do quartzo – e por extrapolação, da sílica – em processos de adsorção e modificação química.

Assim, o objetivo deste trabalho era desenvolver dispositivos que permitissem realizar reações de superfície e monitorar o comportamento, através de análise de impedância e frequência de oscilação, de ESPC durante estes processos. Estes dispositivos deveriam permitir controlar a atmosfera, a temperatura e o reposicionamento dos cristais após eventuais remoções.

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 FERRAMENTAS USADAS NOS EXPERIMENTOS

Esta seção descreve os dispositivos básicos, físicos e de programação, utilizados nas montagens experimentais para estudos com ESPC.

2.1.1 Cristal piezelétrico de eletrodos separados (ESPC)

O cristal piezelétrico usado nesse trabalho, obtido em lojas de componentes eletrônicos, tinha frequência de ressonância nominal de $3,579545\text{MHz}$. Pelo fato de ser um componente usado em circuitos de telecomunicações, sua obtenção é relativamente simples. Apesar de sua frequência não ser alta como a dos cristais normalmente usado em sistemas químicos, que é da ordem de 10MHz , seu uso é justificado pela sua robustez, baixo custo e facilidade de obtenção. Seu aspecto é semelhante ao da figura 7, sendo seus eletrodos de prata. A lâmina é do tipo AT (*thickness-shear mode*) conforme figura 5. Suas dimensões são de 12mm de diâmetro e $0,4\text{mm}$ de espessura, possui bordas afiladas e sua massa é da ordem de 100mg .

A remoção da lâmina é efetuada usando um soprador térmico para fundir a liga de estanho que sela o encapsulamento. Após a abertura do encapsulamento, a montagem cristal/hastes é colocada em um becker com ácido nítrico concentrado a quente. Com isso ocorre a corrosão dos metais sobrando somente a lâmina de cristal. Em seguida os cristais são lavados com água deionizada e posto para secar em estufa à 80°C . Temperaturas muito elevadas podem promover uma desidratação da superfície gerando grupos siloxanos que são indesejáveis para reações de silanização. Após secagem são armazenados em dessecador com sílica gel para evitar excesso de humidade.

2.1.2 Dispositivo de Filmes Depositados (DFD) usando ESPC

O objetivo do DFD é permitir a avaliar o comportamento elétrico do cristal em atmosfera inerte. Os conhecimentos obtidos com ela serviram de base para a confecção do dispositivo descrito na seção 2.1.3, o qual permite utilizar atmosfera contendo reagentes de silanização.

Ele foi todo confeccionado em acrílico por ser um material de fácil usinagem e possuir

Figura 11: Planta da base do DFD. Medida em milímetros.

transparência. O dispositivo é composto basicamente de duas partes: a base (figura 11) e a camisa termostatizante (figuras 12 e 13). As peças foram unidas usando cola a base de éster de cianoacrilato (Super Bonder). Os eletrodos, tanto o inferior como o superior, foram confeccionados em latão por também este ser de fácil usinagem. A entrada de gás do sistema possui uma serpentina de PVC (policloreto de vinila) com 30cm de comprimento e 1,5mm de diâmetro interno que circunda o interior da camisa termostatizante. O gás, ao entrar dentro da câmara, circunda o ESPC (apoiado sobre a parte superior da base) e é eliminado pela parte inferior (vide figura 14).

2.1.3 Dispositivo de Modificação de Superfícies (DMS) usando ESPC

Com os conhecimentos obtidos com o DFD descrito na seção 2.1.2, foi possível o desenvolvimento de um outro dispositivo. Esse novo dispositivo tem a finalidade de possibilitar modificações químicas na superfície de um ESPC, utilizando reagentes em fase gasosa e permitindo monitorando em tempo real. Fica inviável desenvolver um dispositivo que pudesse cobrir todas as possíveis situações em que ele fosse submetido. Por esse motivo é que foram feitos

Figura 12: Planta da parte interna da camisa do DFD. Medida em milímetros.

Figura 13: Planta da parte externa da camisa do DFD. Medida em milímetros.

Figura 14: Esquema do DFD montando.

Figura 15: Dispositivo para filmes depositados (DFD).

Figura 16: Planta da base do DMS. Medida em milímetros.

esses dois aparelhos para ESPC.

O DMS, visto na figura 19, foi confeccionado em PVC. O motivo da mudança de material usado em sua confecção, em relação ao usado na balança, reside no fato de ser mais resistente ao ataque químico, em especial aos clorosilanos, e de fácil usinagem. Este também é basicamente composto de duas partes: a base (figura 16) e a camisa termostaticante (figuras 17 e 18). As peças também foram coladas com cola a base de éster de cianoacrilato (Super Bonder). O esquema do DMS montado é basicamente o do esquema do DFD (figura 14). A entrada de gás do DMS também é de um tubo de PVC de 30cm de comprimento por 1,5mm de diâmetro interno. Nesse protótipo, foi introduzido um sensor de temperatura dentro da camisa termostaticante (seção 2.1.4). Para aumentar a eficiência na termostatização, a camisa termostaticante é maior que a confeccionada para o DFD.

2.1.4 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura usado foi o circuito integrado LM35DZ da National Semiconductors. Suas dimensões são reduzidas como a de um transistor de uso geral. Ele fornece uma resposta

Figura 17: Planta da parte interna da camisa termostatzante do DMS. Medida em milímetros.

Figura 18: Planta da parte externa da camisa termostatzante do DMS. Medida em milímetros.

Figura 19: Dispositivo para modificação de superfícies (DMS).

Figura 20: Esquema eletrônico do circuito para aquisição de temperatura. O capacitor cerâmico C é de $100nF$.

de $10mV/^{\circ}C$, isto é, se a temperatura for de $25^{\circ}C$ a resposta do sensor será uma tensão de $250mV$. A vantagem de se usá-lo é que não há a necessidade de calibrá-lo para aplicações simples. A ele, foi ligado um capacitor cerâmico para filtragem eliminando sinais de alta frequência que possam danificar o componente (vide figura 20).

2.1.5 Circuito oscilador

O circuito oscilador utilizado (figura 21) é baseado no circuito integrado TTL 74VHC04N da National Semiconductors. Ele é semelhante ao 74LS04 de seis portas lógicas inversoras. A principal diferença é que o 74VHC04N não possui o circuito de *buffering*, tornando-o mais rápido com o compromisso de fornecer menos corrente em sua saída. Foram confeccionados dois circuitos osciladores na mesma placa de circuito impresso para não sub utilizar o integrado (figura 22). Este mesmo circuito já havia sido utilizado anteriormente em outros trabalhos do grupo [42, 44].

Figura 21: Esquema eletrônico do circuito oscilador, onde XTAL1 e XTAL2: representações de cristais que podem ser um ESPC ou um PQC encapsulado, U1: TTL 74VHCU04N; R1, R2, R3 e R4: resistores de $5,11k\Omega/\frac{1}{4}W$; C1, C2 e C3: capacitores de disco cerâmico de $100nF$; C4 e C5: capacitores de disco cerâmico de $10pF$; C6: capacitor de tântalo de $4,7\mu F/25V$.

Figura 22: Circuitos osciladores na mesma placa de circuito impresso. A cada um deles pode-se conectar um dispositivo usando um cristal piezelétrico de quartzo. Na foto é visto um PQC encapsulado ligado a um deles apenas para efeito ilustrativo.

Figura 23: Esquema do circuito eletrônico para controle das válvulas solenóides, onde S é uma válvula solenóide (ColeParmer, modelo 01367-72 de três vias ou modelo 01367-70 de duas vias, sendo ambas de 30psi e 1,5W), T é um transistor BC337, R é um resistor de 4,7kΩ e D é um diodo 1N4007. O sinal TTL é fornecido pela linha digital da interface.

É possível trabalhar com esse circuito oscilador para frequências mais altas. Para tal é preciso escolher os resistores R1, R2, R3 e R4 empiricamente e dever ter os mesmos valores.

2.1.6 Circuito para controle de válvulas solenóides

Para automatizar as injeções de reagente dentro do sistema foram confeccionados circuitos elétricos para o acionamento de válvulas solenóides a partir de um sinal TTL fornecido pela placa de interfaceamento. O circuito consiste de um transistor de uso geral que serve como chave, permitindo a passagem de corrente pela bobina do solenóide ou não. Ele é acionado quando ocorre uma mudança no nível lógico da linha digital da interface. O esquema está ilustrado na figura 23. O diodo tem a função de proteger a junção *pn* do transistor quando o solenóide é desligado.

2.1.7 Placa de interfaceamento AT-MIO-16XE-50

Para os trabalhos de aquisição de frequência em função do tempo foi usada uma placa de interfaceamento AT-MIO-16XE-50 da National Instruments com o NI-DAQ 6.1 (National Instruments - Data Acquisition) para sistema operacional Win32. Esse último é o *driver* (controlador) para a interface com a documentação e os cabeçalhos para desenvolvimento.

Essa placa possui conversores A/D e D/A, portas digitais bidirecionais, geradores de pulsos e contadores de pulsos. Dessa placa, foram utilizadas as portas digitais, para acionamento de

válvulas solenóides, os contadores de pulsos, para monitoramento da frequência de oscilação do cristal de quartzo, e os conversores A/D, para a leitura da temperatura.

2.1.8 Biblioteca de Ligação Dinâmica (DLL) para o controle da interface

A motivação para o desenvolvimento dessa DLL é a necessidade de se trabalhar em um ambiente de desenvolvimento de alta produtividade e voltado para interfaceamento. O compilador Delphi 2, da Borland/Inprise, é um ambiente de alta produtividade¹ e trabalha com a linguagem de programação Pascal juntamente com uma biblioteca de componentes gráficos. Seu conceito de programação é o de programação por eventos, isto é, ela não segue a lógica fluxo linear. Esse conceito associa uma função a um evento. Um clicar, pressionar um botão, um passar da ponteira do *mouse* sobre um objeto e fechar um programa são exemplos de eventos. Já a linguagem HP-VEE (*Hewlett-Packard Visual Engineering Environment*), desenvolvida pela Hewlett-Packard, trabalha com o conceito de *Visual Programming* que facilita o desenvolvimento de um programa e o seu processo de depuração [45, 46, 47]. Esse conceito não tem nada a haver com as linguagens de desenvolvimento da Microsoft (Visual Basic e Visual C++). Outra vantagem é que o HP-VEE é voltado para interfaceamento. Já o Delphi não possui componentes tão especializados.

Como o fabricante da interface, citada na seção 2.1.7, não desenvolveu *drivers* para o HP-VEE, mas fornece as *units*² para o seu controle desta usando o Delphi 2.0, foi desenvolvida uma DLL, em Delphi 2, com as funções de configuração da interface. Ela possui as funções necessárias, escondendo do usuário toda a lista de parâmetros de inicialização, operação e finalização da interface. Ela funciona como uma camada frontal para o *driver* da interface (que também é uma outra DLL). Assim, qualquer linguagem de desenvolvimento que trabalhe com DLL poderá controlar a interface como, por exemplo, o HP-VEE 4.0. A DLL pode ser considerada um código de nível mais alto que o código do *driver* da interface porque possui funções sofisticadas compostas de funções elementares de configuração. O programa em HP-VEE só pode se comunicar com a interface através dessa DLL. A listagem do cabeçalho e do código fonte da DLL podem ser vistos no anexo 6.2.

¹Ambientes que proporcionam o desenvolvimento um programa em um curto espaço de tempo.

²Conceito desenvolvido pela Borland que possibilita modularizar um código de um programa em Pascal.

Figura 24: Esquema do controle da interface através da DLL.

2.1.9 Software feito em HP-VEE para controle da interface AT-MIO-16XE-50 através de uma DLL

Para o controle do sistemas usando o DMS foi confeccionado um software em HP-VEE 4.0. Esse software, usando a DLL descrita na seção 2.1.8, faz as configurações iniciais da interface e dispara duas linhas de execução. A primeira ficará esperando a solicitação da injeção do reagente dentro do sistema em intervalos pré-definidos pelo usuário. A segunda linha é responsável pela contagem de pulsos. Ao término da contagem de pulsos, é calculada a frequência, a qual é plotada em um gráfico em função do tempo. Foram usados dois sensores de temperatura como descritos na seção 2.1.4. Um é para uma estimativa das variações da temperatura ambiente e o outro para o monitoramento da temperatura da camisa termostaticante do DMS. Ambas também são plotadas em um gráfico em função do tempo. Os dados de frequência e temperaturas são registrados em um arquivo de dados do tipo ASCII. O programa ficará fazendo as aquisições de forma contínua até que seja solicitada sua finalização. A listagem do programa encontra-se no anexo 6.3.

2.1.10 Software feito em HP-VEE para aquisição de espectros de impedância com o analisador de impedâncias HP4194A

Um programa feito em HP-VEE 4.0 foi desenvolvido para simples aquisições de espectros de impedâncias usando o analisador de impedâncias da Hewlett-Packard modelo HP4194A. Ele

permite o controle do HP4194A através de um *panel driver*³ e, após ter passado os parâmetros para o equipamento, é salvo um arquivo no formato texto com os dados solicitados para posterior tratamento em planilha de cálculo. A comunicação do programa com o equipamento se dá pelo protocolo de comunicação GPIB. A listagem pode ser vista no anexo 6.4.

2.1.11 Software feito em HP-VEE para aquisições contínuas de espectros de impedância com o analisador de impedâncias HP4194A

Um programa feito em HP-VEE 4.0 foi desenvolvido para aquisições contínuas de espectros de impedância usando o analisador de impedâncias da Hewlett-Packard modelo HP4194A. Esse programa difere do anterior (seção 2.1.10) por permite aquisições contínuas de espectros de impedância e armazenamento dos dados em arquivos independentes no formato ASCII. Um arquivo resumo, também no formato ASCII, é gerado contendo os valores de mínimo e máximo do módulo de impedância e respectivos valores de frequência e ângulo de fase máximo. O controle foi efetuado usando o protocolo GPIB através de *component driver*⁴ do próprio HP-VEE. A comunicação do programa com o equipamento se dá pelo protocolo de comunicação GPIB. A listagem do programa pode ser vista no anexo 6.5.

2.1.12 Software feito em HP-VEE para simulação do ESPC

Para efetuar simulações do sistema usando ESPC foi desenvolvido um programa em HP-VEE 4.0 que simula o comportamento elétrico do ESPC em função da frequência. Antes de executá-lo, é passado para o programa os valores dos componentes do circuito equivalente do ESPC (vide figura 9), a frequência inicial e final e o número de pontos da curva. Assim, variando os valores de seus componentes, é possível saber que tipo de comportamento está associado a qual componente do circuito equivalente. A listagem está no anexo 6.6.

³Componente gráfico do HP-VEE, que possui a aparência frontal do equipamento (específico para cada equipamento da HP), e permite o seu controle sem necessariamente ter um código de programa. Ele é mais lento que um *componente driver*, mas é mais simples de operar.

⁴Componente gráfico do HP-VEE que permite passar apenas as funções desejadas para uma interface. A vantagem é que ele é mais rápido que o *panel driver* por não atualizar todas as funções e sim apenas as solicitadas.

2.2 CONFIGURAÇÕES EXPERIMENTAIS COM O DFD

2.2.1 Configuração usando o método do oscilador

Essa configuração foi utilizada nos testes iniciais do DFD descrito na seção 2.1.2. O DFD foi conectada ao circuito oscilador, descrito na seção 2.1.5, e o sinal deste foi lido com um freqüencímetro da GoldStar, modelo FC 2130, com leituras a cada um segundo.

2.2.2 Configuração usando o método do analisador de impedância

Nessa configuração não houve a necessidade de um circuito oscilador, pois o analisador de impedâncias HP4194A registra a impedância em função da freqüência da tensão alternada aplicada à cela. O DFD é conectado diretamente ao analisador de impedâncias. O software usado foi o descrito na seção 2.1.10.

2.3 CONFIGURAÇÕES EXPERIMENTAIS COM O DMS

2.3.1 Configuração sem condicionamento gasoso da linha de gás e sem automatização

A configuração, que está representada na figura 25, não apresenta nenhum mecanismo de condicionamento da linha gasosa para o alívio de pressão. Sua importância é verificada quando é usado o esquema de introdução automática de reagente dentro do sistema (seção 2.3.2). Para o frasco *FR*, que contém o reagente, foi usado um frasco de polietileno rígido (5cm de altura e 1,5cm de diâmetro) com dois furos em sua tampa pelo qual passam dois tubos de PVC de 1,5mm de diâmetro interno. A introdução ou não do reagente dentro do sistema se dá de forma manual sendo o nitrogênio o gás de arraste. O nitrogênio passa primeiramente pelo medidor de fluxo e logo em seguida por um frasco lavador contendo sílica gel. Depois desse estágio, ele pode passar ou não por um frasco contendo o reagente para depois ir ao DMS e ao descarte.

O software usado para a aquisição dos dados de frequência de ressonância em função do tempo nessa configuração é o descrito na seção 2.1.9, onde não é usado o controle de válvulas solenóides.

Figura 25: Configuração do sistema sem condicionamento da linha gasosa e com injeção manual do reagente. Dispositivos: *MF*: medidor de fluxo; *FS*: frasco secante com sílica gel; *FR*: frasco com reagente; *DMS*: dispositivo de modificação de superfícies de ESPC; *ST*: sensor de temperatura instalado dentro da camisa termostaticante do *DMS*.

Figura 26: Controlador de introdução de reagente, onde a válvula S_1 (ColeParmer, modelo 01367-72, três vias, 30psi, 1,5W) é responsável por permitir a passagem do reagente dentro do sistema ou não e a válvula S_2 (modelo 01367-70, duas vias, 30psi, 1,5W) evita com que haja refluxo do reagente.

2.3.2 Configuração sem condicionamento gasoso da linha de gás e com automatização

Esta configuração é essencialmente a configuração descrita na seção 2.3.1 só que usando duas válvulas solenóides. O tracejado nas válvulas indicam que esses trechos estão normalmente fechados (NF), isto é, só serão abertos quando a válvula for acionada. Já os trechos onde há um traço contínuo estão normalmente abertos (NA), isto é, serão fechados quando a válvula for acionada. O tipo de frasco de reagente foi o mesmo usado na configuração da seção 2.3.1 só que a entrada de gás de arraste não borbulha no reagente. Vide figura 26.

2.3.3 Configuração com condicionamento gasoso da linha de gás e com automatização

Essa outra configuração, representada na figura 27, além de permitir o controle da entrada do reagente dentro do sistema, permite também estimar a quantidade de reagente que está sendo consumida e a pressão parcial do mesmo dentro do DMS. Ela é semelhante a configuração da seção 2.3.2, mas com borbulhamento do gás de arraste dentro de reagente F_2 e com um frasco lavador F_1 logo antes. Há também um outro frasco F_3 para descarte responsável pelo condicionamento da linha evitando um aumento de pressão dentro do sistema. A vazão de reagente é fixada através de um estrangulador E (pinça de Mohr), colocado logo na saída do frasco F_3 , de forma que haja passagem de gás pelo DMS e por esse frasco F_3 . O excesso de reagente que sai do DMS é borbulhado em um frasco F_4 contendo 100mL de água deionizada com um condutivímetro (Cole Parmer, modelo TDSTestr20) onde é feita as leituras de condutividade. As variações de condutividade são provocadas pela formação de ácido clorídrico formado pela hidrólise do reagente clorosilano. A calibração dele dentro desse frasco é feita com alíquotas conhecidas do mesmo reagente em estudo. Com isso pode-se estimar a vazão de reagente em função do tempo.

Quando a válvula S_1 está desligada e a válvula S_2 está ligada, o gás passa pelos caminhos a e b , passando pelos frascos F_1 e F_2 , e sendo descartado no frasco F_3 . Assim não há entrada de reagente dentro do DMS e a pressão dentro do sistema não aumenta devido a alta pressão de vapor dos reagentes de silanização. Quando a válvula S_1 é acionada e a válvula S_2 é desligada, o gás não segue o caminho a e segue preferencialmente o caminho b passando pelos frascos F_1 e F_2 , pela válvula S_1 , entrando no DMS e sendo descartado no frasco F_4 . Esta última situação está representada na figura 27.

Figura 27: Esquema para modificação de ESPC com condicionamento da linha gasosa e com automatização da injeção dos gases. As letras minúsculas indicam os caminhos dos gases. As letras maiúsculas indicam o nome dos dispositivos: medidor de fluxo gasoso F , válvulas solenóides S_1 (Cole Parmer, modelo 01367-72, três vias, 30psi, 1,5W) e S_2 (Cole Parmer, modelo 01367-70, duas vias, 30psi, 1,5W), frasco de lavagem F_1 , frasco de reagente F_2 , frasco para retenção de excesso de reagente F_3 , frasco com água deionizada para medida de condutividade F_4 , estrangulador E , DMS D e condutivímetro C .

2.4 EXPERIMENTOS COM O DFD

A série de estudos da seção 2.4.1 tem como objetivo compreender quais são os parâmetros que influenciam o comportamento da balança usando ESPC para aplicações rotineiras. A seção 2.4.2 descreve um experimento testando a viabilidade do uso da equação de Sauerbrey para esse tipo de sistema. A seção 2.4.3 descreve um experimento para verificar a sua utilização para estudos de modificações químicas em sua superfície.

2.4.1 Estudo da dependência do ESPC em relação ao DFD

Este experimento tem como objetivo avaliar a dependência do posicionamento do ESPC em relação aos eletrodos. Para isso foram feitos três estudos da frequência de oscilação do sistema para diferentes posições do cristal dentro do DFD. O ESPC usado foi o obtido pela descrição da seção 2.1.1 juntamente com o circuito oscilador da seção 2.1.5 e o DFD da seção 2.1.2. Foi feita uma pequena marca na borda dos ESPC para que fosse possível ter uma referência deles em relação ao DFD. Eles, então, foram colocado dentro do DFD com nitrogênio para condicionamento do ambiente interno. Para a termostatização foi usado um banho termostático da PolyScience modelo 9105. Após a estabilização da frequência era feita a leitura da frequência de oscilação sendo, em seguida, rotacionado em um certo ângulo para nova leitura.

No primeiro experimento foi variada a posição dos ESPC em relação ao dois eletrodos metálico, sendo esses mantidos fixos um em relação ao outro. No segundo experimento foi variada a posição dos ESPC juntamente com o eletrodo inferior em relação ao eletrodo superior. No terceiro experimento foi variada a posição dos ESPC juntamente com o eletrodo superior em relação ao eletrodo inferior.

2.4.2 Estudo da validade da equação de Sauerbrey usando ESPC

O objetivo desse estudo era verificar a validade da equação de Sauerbrey usando o ESPC para depósitos de filmes rígidos e finos. Para os testes foram feitos depósitos de massas conhecidas de Sulfato de Cobre penta hidratado sobre uma das faces de três ESPC.

Para os depósitos de massa foram preparadas soluções aquosas do sal de concentração

conhecida. Os ESPC foram tarados sobre uma balança Sartorius (modelo BP210D) e medida as massas das gotas da solução em análise. Como é conhecida a massa da gota e sua percentagem de massa de sal, foi possível saber a massa de sal residual sobre o ESPC após a evaporação do solvente. As variações de massa foram avaliadas usando a equação 2.

$$\Delta m = -\frac{8,86 \times 10^{-7} \cdot A}{f_0^2} \Delta f \quad (2)$$

que é a equação 1 rearranjada para depósitos em apenas uma das faces (vide a dedução no anexo 6.1).

2.4.3 Monitoramento das propriedades de filmes usando o DFD: ESPC modificação com AEAPTS (aminoetilaminopropiltrimetoxisilano) e posterior reação com AIAc (ácido iodoacético) e piridina

Este experimento teve como objetivo testar a viabilidade do DFD usando ESPC para monitoramento de modificações químicas sobre a superfície de um ESPC. O procedimento usado está descrito na figura 28 e a montagem experimental na figura 29.

Os espectros de impedância foram obtidos usando o software descrito na seção 2.1.10. As letras entre parênteses indicam o espectro associado ao estágio do experimento e $f|Z|_{min}$, à frequência no módulo mínimo da impedância.

Não foi feita nenhuma identificação que pudesse distinguir as faces do ESPC. Isso implica que em uma recolocação do ESPC no DFD não se sabia qual das faces estava voltada para cima anteriormente. Portanto, as faces foram rotuladas arbitrariamente de *lado1* e *lado2* para cada estágio do procedimento de modificação. Ainda foram feitas cinco leituras dos valores de $f|Z|_{min}$ para cada face do ESPC com o posicionamento de cada face bem conhecido em relação ao DFD por uma marca na borda de cada cristal. Tendo os valores médios de $f|Z|_{min}$ das faces do cristal para cada estágio da modificação, foi feito um teste estatístico para saber se os valores médios das faces do ESPC são estatisticamente diferentes como descrito na referência [48]

ESPC

- 1- espectros(a) e $f_{z\min}(a)$
- 2- reação em 10mL de tolueno com 2% de AEAPTS(v/v) por 30 minutos
- 3- 2 lavagens com tolueno
- 4- 2 lavagens com clorofórmio
- 5- secagem em estufa à 80 °C por 3 horas e meia.

ESPC-AEAPS

- 6- espectros(b) e $f_{z\min}(b)$
- 7- agitação do ESPC modificado com DCM por 30 minutos
- 8- secagem em estufa à 80 °C por 15 minutos

ESPC-AEAPS

- 9- espectros(c) e $f_{z\min}(c)$
- 10- agitação do ESPC modificado em 10mL de DCM com 2% py(v/v) por 30 minutos
- 11- 2 lavagens com DCM
- 12- secagem em estufa à 80 °C por 20 minutos

ESPC-AEAPS

- 13- espectros(d) e $f_{z\min}(d)$
- 14- reação do ESPC modificado com 10mL de DCM com 1,2mmols de AIAC com 2,4mmols de py por 2 horas
- 15- secagem em estufa à 80 °C por 2 horas

ESPC-AEAPS-Ac-py

- 16- espectros(e) e $f_{z\min}(e)$

ESPC - cristal piezelétrico de eletrodo separado
espectros - espectros de impedância e de ângulo
de fase rotulados de a, b, c, d, e.

$f_{z\min}$ - frequência no mínimo de impedância dos
espectros rotulado de a, b, c, d, e.

AEAPTS - aminoetilaminopropiltrimetoxissilano

AEAPS - grupo aminoetilaminopropilsilil

DCM - diclorometano

py - piridina

AIAC - ácido iodo acético

Ac - grupo acetato

Figura 28: Procedimento usado para a modificação de um ESPC usando AEAPTS e AIAC.

Figura 29: Esquema da montagem para modificação de ESPC com AEAPTS, AIAc e py.

2.5 EXPERIMENTOS COM O DMS

2.5.1 Monitoramento da silanização do ESPC com o método do oscilador

Dois foram os reagentes usado para os processos de silanização usando o DMS: TMCS (trimetilclorosilano) e o DMDCS (dimetildiclorosilano). Os arranjos experimentais usados estão descritos nas seções 2.3.2 e 2.3.3, onde foi estudado o comportamento sem e com alternância de reagente de silanização. Os softwares usados foram aqueles descritos nas seções 2.1.9 e 2.1.10.

2.5.2 Monitoramento da silanização do ESPC com o método do analisador de impedâncias

A montagem experimental é a descrita na seção 2.3.3, sendo que, ao invés de se usar o circuito oscilador acoplado ao DMS, usou-se o analisador de impedâncias HP4194A da Hewlett-Packard interfaceado com o software descrito na seção 2.1.11.

2.5.3 Determinação da umidade relativa do nitrogênio usado nos experimentos

Para se estimar a umidade do nitrogênio usou-se o método de Karl-Fisher com o equipamento da Metrohm 701 KF Titrino com módulo 703 TiStand. Este equipamento possui um adaptador, comprado separadamente, para efetuar análises gasosas. Como esse adaptador não foi adquirido com a compra do equipamento, foi necessária confecção de um equivalente. Para isso foi usada uma peça em Teflon com as dimensões da entrada da tampa onde ficaria o adaptador comercial. Nessa peça foram feitos dois furos. Um para a entrada do nitrogênio através de um tubo fino do mesmo material com a ponta afilada para aumentar a eficiência do borbulhamento. O outro furo foi fechado para posteriores adaptações. Ao redor da peça de Teflon, foi feita uma ranhura para que pudesse acomodar um O-Ring para a vedação.

Colocou-se metanol dentro da cela inicialmente através da injeção manual de solvente do equipamento. Há um compromisso entre o fluxo de gás e o volume de metanol da cela. Caso o volume seja pequeno e/ou o fluxo de nitrogênio seja elevado demais, haverá uma inadequada solubilização da umidade do nitrogênio. Após o condicionamento automático do

Figura 30: Esquema do adaptador confeccionado para análise de umidade em nitrogênio usando um equipamento da Metrohm modelo 701 KF Titrino com módulo 703 TiStand.

sistema iniciou-se a análise da umidade do nitrogênio.

O procedimento para análise foi, inicialmente, determinar o título⁵ seguindo o procedimento do manual do equipamento através de adições de massas conhecidas de água. O título obtido foi de $9,507 \text{ mg } H_2O / \text{mL}$ de Reagente de Karl-Fisher. Após isso borbulhou-se o nitrogênio dentro do sistema para três diferentes tempos (30, 60 e 90 minutos) com fluxo de 16 mL/min . A reta da quantidade de reagente de Karl-Fisher em função do tempo de borbulhamento de nitrogênio (com fluxo de 16 mL/min) é $V_{\text{QuantReagKF}} = 0,00595 \cdot t + 0,128$, onde $V_{\text{QuantReagKF}}$ é dado em mL e t , em minutos.

⁵Quantidade de reagente de Karl-Fisher usada para consumir uma certa massa de água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO DFD

Esses foram os primeiros estudos e tiveram como objetivo identificar quais são as variáveis que influenciam de forma significativa o ESPC. Para tal, usou-se o dispositivo descrito na seção 2.1.2 e os experimentos da seção 2.4.1.

Pela figura 31, nota-se um comportamento periódico em função do posicionamento do ESPC dentro do DFD. Um comportamento semelhante é observado quando são feitas mudanças no posicionamento do eletrodo inferior em relação ao superior (figuras 32 e 33).

A variação de frequência pico-a-pico é da ordem de 120Hz , aproximadamente, quando mudamos somente a posição do ESPC dentro do DFD. Ela é menor que a variação observada quando muda-se a posição relativa entre os eletrodos (350Hz aproximadamente).

Uma possível explicação para esse comportamento seria uma irregularidade geométrica do DFD. Os eletrodos poderiam não estar perfeitamente paralelos o que levaria a um gradiente de campo elétrico interferindo na oscilação da lâmina dependendo do seu posicionamento dentro do DFD.

Figura 31: Frequência de oscilação em função da posição do ESPC dentro do DFD em relação aos eletrodos superior e inferior (30 mL/min de N_2 e 25°C).

3.2 APLICAÇÕES DO DFD

3.2.1 Aplicação da equação de Sauerbrey com ESPC

Sabe-se que a equação de Sauerbrey foi desenvolvida para o modelo de PQC com eletrodos depositados e finos depósitos rígidos [49]. Para verificar a sua validade com o ESPC efetuou-se o experimento descrito na seção 2.4.2. Os dados obtidos estão na tabela 1.

Uma característica interessante dos depósitos é que, devido a evaporação do solvente, ocorre a formação de um anel, isto é, devido ao aumento da concentração nas bordas da gota há uma distribuição não uniforme do material sobre a área do depósito.

Os dados exibidos na figura 34 apresentam linearidade e um aumento da dispersão para massas acima de $40\mu\text{g}$. Na literatura é dito que, para filmes rígidos e uniformemente distribuídos na superfície, a teoria é válida até $\frac{\Delta m}{m} = 2\%$, onde m é a massa do cristal e Δm a variação de massa sobre o cristal [50]. Isso quer dizer que massas depositadas que excedam essa relação fazem o sistema sair do regime de linearidade descrito pela equação de Sauerbrey. Outra consequência é o sistema parar de oscilar. Como os depósitos de massa não foram uniformemente distribuídos sobre a superfície do cristal é de se esperar que esse limite seja mais baixo.

Figura 32: Frequência de oscilação do ESPC juntamente com o eletrodo inferior em relação ao eletrodo superior para diferentes ângulo de rotação do ESPC em relação ao eletrodo inferior ($30\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e 25°C).

Figura 33: Frequência de oscilação do ESPC juntamente com o eletrodo superior em relação ao eletrodo inferior para diferentes ângulo de rotação do ESPC em relação ao eletrodo inferior ($30\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e 25°C).

cristal	$\Delta f / Hz$	A_{dep} / cm^2	$\Delta m / \mu g$	$m_{ef} / \mu g$
a	-3607 ± 18	$0,284 \pm 0,047$	70 ± 12	63
a	-557 ± 28	$0,284 \pm 0,047$	$10,8 \pm 1,8$	8,3
a	-801 ± 22	$0,284 \pm 0,047$	$15,5 \pm 2,5$	11
a	-4013 ± 19	$0,33 \pm 0,05$	90 ± 14	85
b	-4194 ± 24	$0,284 \pm 0,047$	81 ± 13	71
b	-792 ± 35	$0,239 \pm 0,043$	$12,9 \pm 2,3$	9,5
b	-2200 ± 26	$0,198 \pm 0,039$	$29,7 \pm 5,8$	24
b	-4705 ± 36	$0,284 \pm 0,047$	91 ± 15	74
c	-4347 ± 28	$0,284 \pm 0,047$	84 ± 14	67
c	-792 ± 39	$0,239 \pm 0,043$	$12,9 \pm 2,3$	9,9
c	-428 ± 20	$0,127 \pm 0,031$	$3,71 \pm 0,90$	1,5

Tabela 1: Dados obtidos para diferentes depósitos de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ sobre três diferentes cristais rotulados de *a*, *b* e *c*. Leituras de frequência feitas à temperatura ambiente e fluxo de nitrogênio de $30 mL/min$. Onde, Δf é a variação de frequência do cristal com o depósito de massa em relação ao cristal sem depósito, A_{dep} é a área do depósito, Δm é a variação de massa obtida pela equação 2 e m_{ef} é a massa efetivamente depositada. Constantes: $f_{0a}^2 = (12,9566 \pm 0,0001) MHz$, $f_{0b}^2 = (12,9575 \pm 0,0001) MHz$ e $f_{0c}^2 = (12,9765 \pm 0,0001) MHz$. Para cada valor de frequência foram feitas cinco medidas ($N = 5$).

Figura 34: Gráfico da tabela 1 dos depósitos de massas conhecidas comparadas com o cálculo de massa usando a equação de Sauerbrey para três ESPC, onde m_{ef} é a massa efetivamente depositada e Δm é a massa obtida pela variação de frequência. Condições: temperatura ambiente e $30 mL/min$ de N_2 . Regressão: $\Delta m = (1,15 \pm 0,02) \cdot m_{ef}$ (para um desvio padrão).

Figura 35: Modificação da superfície de um ESPC com AEAPTS em meio de solvente orgânico.

3.2.2 Monitoramento das características de um filme obtido com AEAPTS e com AIAC usando um ESPC

Uma aplicação proposta para o DFD é o seu uso para monitoramento de propriedades de filmes sobre ESPC. Para tal, seguiu-se o procedimento descrito na seção 2.4.3. Esse experimento foi dividido em dois estágios basicamente. Inicialmente, com o ESPC modificado com AEAPTS e, posteriormente, com AIAC e piridina em meio de DCM (diclorometano).

No primeiro estágio espera-se a equação química representada na figura 35 [14]. Esse estágio está associado com os espectros *b*, *c* e *d* das figuras 37 e 38.

Essa reação de substituição imobiliza na superfície do ESPC cadeias com grupos amina para posterior modificação. Na presença de umidade, ocorre a hidrólise do grupo metoxi promovendo uma polimerização [44, 51].

A figura 36 mostra os diversos grupos que poderiam ser incorporados durante o processo de polimerização e a variação de massa no caso de interconversão por hidrólise e policondensação. Podemos avaliar o filme formado por dois tipos de grupos que compõem uma cadeia polimérica segundo essa figura. Os grupos *d* e *e* seriam encontrados no meio de uma cadeia enquanto que os grupos *a*, *b* e *c*, nas terminações. Se o filme tiver cadeias longas com pouca reticulação, haverá uma predominância de grupos de meio de cadeia.

A diferença de massa entre os grupos *a* e *e*, considerando hidrólise total, de incorporação à cadeia polimérica é de -15% . No entanto, como os grupos predominantes devem ser aqueles de meio de cadeia (grupos *d* e *e*), a diferença de massa passa a ser da ordem de $-7,9\%$, o que equivale a dizer que é essa a imprecisão na avaliação do número de unidades monoméricas do filme.

No segundo estágio, ocorre a reação dos grupos amino com o AIAC. Esse ácido em meio de DCM com piridina segue a equação 3. Esse estágio está associado com os espectros *e* das figuras 37 e 38.

Figura 36: Representação das variações percentuais de massa dos possíveis grupos constituintes do filme formado com o AEAPTS com umidade sobre a superfície do ESPC. $M_a = 191$, $M_b = 177$, $M_c = 176$, $M_d = 163$ e $M_e = 162$, onde M_i é a massa molar do grupo i da figura dada em g/mol .

Essa reação em meio de clorofórmio está deslocada preferencialmente para a esquerda, pois o solvente é de baixa polaridade e o ácido é fraco [52]. De qualquer forma, a massa do conjunto ácido-piridina é a mesma nas duas configurações.

Reagindo o AIAC e piridina com o cristal modificado é esperada a equação 4,

onde x é zero para a amina secundária e x é 1 para a amina primária do grupo AEAPS (aminoetilaminopropilsilil) imobilizado no cristal. Também pode-se esperar o equilíbrio descrito pela equação 3 para os grupos ácidos descritos na equação 4. O equilíbrio dessa reação é deslocado para a direita, pois há excesso de piridina interagindo com o HI .

Observando os espectros do módulo da impedância (figura 37), verifica-se que ocorreu um deslocamento das curvas b , c , d e e em relação à curva a para a região de frequências mais baixas. Avaliando os valores de frequência do módulo da impedância mínima dos espectros b , c , d e e (figura 37), pode-se considerar que as lavagens com solvente orgânico não alteraram

Figura 37: Espectros do módulo da impedância de um ESPC obtidos pelo procedimento descrito na seção 28. (a) ESPC sem modificação; (b) após modificação com AEAPTS 2% por 3.5 horas; (c) ESPC modificado agitado com diclorometano por 30 minutos; (d) ESPC modificado agitado com piridina 2% (v/v) em diclorometano por 30 minutos; (e) reação do ESPC modificado com ácido iodoacético (2,4mmols) e piridina (1,2mmols) em 10mL de diclorometano. Temperatura do banho termostático em 30°C e sem fluxo de N_2 .

a massa. Analisando a amplitude das curvas de impedância verifica-se que não houve tempo hábil para que ocorresse o processo de cura⁶ do filme formado pelo AEAPTS (curvas *b* à *d*). Isso por que com umidade o processo de cura é mais lento [51]. Após a modificação com o ácido AIAC, não se observa grandes variações na amplitude das curvas do módulo da impedância *d* e *e*.

O deslocamento das curvas *b*, *c* e *d* em relação à curva *a*, da figura 37, indica um possível aumento de massa molar do filme formado [9, 53] pela polimerização do AEAPTS com a umidade ambiente. A diminuição na amplitude das curvas indica um aumento nas propriedades viscoelásticas [9, 53]. O deslocamento significativo da curva *e* em relação às outras, para uma região de frequência mais baixa, indica um provável aumento de massa devido a reação dos grupos amina com o AIAC interagindo com a piridina.

Os dados de frequência do módulo da impedância mínima ($f|Z|_{min}$), exibidos na tabela 2, foram obtidos por ampliação dessa região para cada lado do cristal. Devido ao procedimento adotado 2.4.3 não foi possível diferenciar as faces do ESPC. Portanto, os rótulos *lado1* e *lado2*,

⁶Curar um polímero significa colocá-lo para terminar de reagir.

Figura 38: Espectros do ângulo de fase de um ESPC obtidos pelo procedimento descrito na seção 28. (a) ESPC sem modificação; (b) após modificação com AEAPTS 2% por 3,5 horas; (c) ESPC modificado agitado com diclorometano por 30 minutos; (d) ESPC modificado agitado com piridina 2% (v/v) em diclorometano por 30 minutos; (e) reação do ESPC modificado com ácido iodoacético (2,4mmols) e piridina (1,2mmols) em 10mL de diclorometano. Temperatura do banho termostático em 30°C e sem fluxo de N_2 .

associados ao ESPC, são arbitrários para cada estágio do procedimento de modificação como dito anteriormente. É preciso saber se os valores de frequência do módulo da impedância mínima para o *lado1* e para o *lado2* são significativamente diferentes em um estágio do procedimento. Para tal seguiu-se as expressões matemáticas da referência [48]. A partir dessa tabela conclui-se que a diferença de frequência entre o *lado1* e o *lado2* para os espectros b e c são significativas. Assim só é possível trabalhar com os valores de frequência dos outros espectros (a, d e e).

É possível estimar a percentagem de grupos acetatos que reagiram com a superfície do ESPC modificada com o AEAPTS pela equação 5. Isso supondo que pelo menos um grupo acético, juntamente com uma piridina, reagiu com um grupo AEAPS,

$$\frac{\Delta f_{ea}}{\Delta f_{da}} = \frac{f|Z|_{min_e} - f|Z|_{min_a}}{f|Z|_{min_d} - f|Z|_{min_a}} = \frac{\Delta m_{ea}}{\Delta m_{da}} \quad (5)$$

onde Δf_{ij} é a variação de frequência do módulo da impedância mínima entre as curvas i e j da figura 37, $f|Z|_{min_i}$ é a frequência no módulo da impedância mínima da curva i e

espectro	a	b	c	d	e
$f Z _{min}$ do lado1 ($LC_{99\%}$ de μ_1) *	3605203 ± 23	3600379 ± 10	3600314 ± 6	3600318 ± 49	3598656 ± 29
$f Z _{min}$ do lado2 ($LC_{99\%}$ de μ_2) *	3605210 ± 16	3600397 ± 6	3600353 ± 21	3600352 ± 49	3598670 ± 23
S_{pooler}	8,6	3,7	6,6	21	11
$d = x_{lado1} - x_{lado2}$	-7	-18	-39	-34	-14
$\pm t \cdot S_{pooler} \cdot \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 \cdot N_2}}$ †	± 18	$\pm 7,8$	± 14	± 45	± 23
A diferença é significativa?	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO

Tabela 2: Cálculos estatísticos referente às medidas de frequência no módulo de impedância mínima da figura 37.

* Limite de confiança (LC) para 99% $\mu = \bar{x} \pm \frac{t}{\sqrt{N}}s$, onde $N_1 = N_2 = 5$, $t_{99\%} = 4,60$.

† Para $(N_1 + N_2 - 2) = 8$ graus de liberdade e $t_{99\%} = 3,36$.

Δm_{ij} é a variação de massa entre as curvas i e j . No caso, $\frac{\Delta f_{ea}}{\Delta f_{da}}$ é igual à $1,34 \pm 0,02$. Para a relação da massa molar entre um grupo AEAPS ligado à um grupo acético com a piridina ($SiO_{3/2}C_5H_{12}N_2(C_2H_2O_2H)NC_5H_5 = 302g \cdot mol^{-1} = A$) com um grupo AEAPS ($SiO_{3/2}C_5H_{13}N_2 = 153g \cdot mol^{-1} = B$), obtém-se um valor de $A/B = 1,97$. Portanto, se 1,97 corresponde à 100% de rendimento, 1,34 corresponde à 68% de grupos amina reagidos. Isso indica que existem grupos amina que não chegaram a sofrer reação. Possivelmente, por parte deles estarem no seio do filme tendo apenas os amino grupos superficiais disponíveis para modificação e/ou por impedimento espacial da amina secundária do grupo AEAPS. No entanto, dos dados obtidos não é possível concluir se os grupos acetatos são imobilizados somente em grupos aminas primárias.

3.3 ESTUDOS DE SILANIZAÇÃO DE ESPC

Para a avaliação do DMS foram efetuadas reações de silanização com o TMCS e com o DMCS usando o procedimento descrito na seção 2.3.1.

A figura 39 mostram que, ao colocar o reagente TMCS dentro do sistema, ocorreu uma queda de frequência, provavelmente devido ao contato do reagente com a superfície do ESPC. Logo após, foi mantido um patamar durante todo esse processo. Após a retirada do reagente do sistema, a frequência subiu e ficou ligeiramente acima da frequência inicial. Isso pode ser explicado por uma massa imobilizada na superfície do cristal que não foi suficiente para gerar uma variação de frequência significativa. Podemos considerar, para efeitos de estimativa, que a superfície do ESPC tem aproximadamente a mesma densidade de grupos trimetilsilano (TMS) imobilizados na superfície da sílica (2, 2 grupos TMS/nm^2 [54]). Se a reação de TMCS com os grupos da superfície tivesse 100% de rendimento e a superfície do ESPC fosse polida, a variação de massa seria de $48ng$. Isso corresponderia a uma variação de frequência de $-1,3Hz$ pela equação de Sauerbrey que é comparável ao limite de detecção. O fato da frequência de oscilação ao término da reação ficar ligeiramente acima da frequência de oscilação inicial não foi possível ser explicado.

Para a modificação com o DMDCS, o comportamento se mostrou diferente conforme a figura 40. Nela nota-se um comportamento inicial semelhante ao da modificação com TMCS. Entretanto, posteriormente observa-se que a frequência começou a diminuir de forma progressiva. Mesmo quando foi retirado o reagente do sistema, a frequência continuou a cair. Depois de algum tempo o sistema parou de oscilar.

Para se estimar a ordem de grandeza da umidade presente no nitrogênio foi usado o procedimento descrito na seção 2.5.3. Para um tempo de borbulhamento de $60min$, o consumo de reagente de Karl-Fisher foi de $0,485mL$. Isso corresponde à $4,61mg$ de água em $60min$ ou $4,3\mu mol/min$. Sendo o fluxo de N_2 de $11mL/min$, o número de mols de água por volume de N_2 foi de $0,39\mu mol/mL$.

Para saber se há aumento da espessura do filme, usou-se o esquema descrito na seção 2.3.2. Os resultados estão nas figuras 41 e 42. Em ambos efetuou-se alternâncias de reagente dentro do sistema em intervalos de $30min$. Não foi possível encontrar uma explicação para

Figura 39: Modificação superficial de um ESPC com TMCS (11mL/min de N_2).

Figura 40: Modificação superficial de um ESPC com DMDCS (11mL/min de N_2).

Figura 41: Modificação de um ESPC com TMCS ($33\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e 30min de intervalo de alternância).

Figura 42: Modificação de um ESPC com DMDCS ($33\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e 30min de intervalo de alternância).

Figura 43: Variação da frequência de ressonância de um ESPC usando o DMCS ($11\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e tempo de alternância de 6min).

o comportamento da figura 41. Já na figura 42, nota-se o mesmo efeito da queda contínua da frequência e há também um aumento no distanciamento dos patamares⁷ de frequência com e sem reagente. Isso é uma evidência do aumento da espessura do filme e conseqüente aumento do processo de sorção do DMDCS da fase gasosa para dentro do seio do PDMS (polidimetilsiloxano) em formação. As quedas acentuadas logo quando o reagente é injetado dentro do sistema são devidas ao aumento momentâneo da pressão parcial do reagente, pois, como descrito na seção 2.3.2, o frasco fica isolado por duas válvulas solenóides quando é passado somente o nitrogênio dentro do sistema.

Para se estimar o gasto de reagente e a pressão de vapor dentro da câmara onde é alojada o ESPC, usou-se o procedimento descrito na seção 2.3.3. Esse esquema também evita o aumento de pressão por descartar o excesso de reagente. Um outro ponto a ser investigado foi a existência ou não de um paralelismo entre os patamares.

Os dados da figura 43 indicaram um aumento dos distanciamentos dos patamares de variação de frequência com e sem o DMDCS. Isso pode ser explicado por um aumento da espessura da película gerada pelo reagente com a umidade do sistema (PDMS) que aumenta o processo de sorção. A figura 44 mostra o registro da condutividade da solução no frasco F4

⁷Esse distanciamento refere-se à diferença entre a variação de frequência quando se está passando reagente e quando não se está passando reagente pelo sistema.

Figura 44: Variação da condutividade do frasco F4 (vide seção 2.3.3) associada à figura 43. As letras *a* e *b* indicam os trechos onde não há reagente e quando há reagente passando pelo DMS, respectivamente.

Figura 45: Espectros do módulo da impedância de um ESPC antes (a), logo depois da modificação com DMCS (b), um dia após a modificação (c) e o ESPC lavado com detergente e colocado em estufa para secagem a 80°C por um dia (d).

colocado na saída do DMS. Nela observa-se uma diminuição na inclinação da condutividade (trechos indicados pelas letras *a* e *b*) possivelmente pelo acúmulo de reagente na tubulação e aumento da viscosidade da solução. O registro da condutividade não pode acompanhar todo o processo de modificação do ESPC por causa da condutividade da solução do frasco F_4 ultrapassar o fundo de escala do condutivímetro. Dessa figura é possível determinar a taxa de reagente em função do tempo na primeira entrada do reagente dentro do sistema: $174\mu\text{mol}/\text{min}$. Como a vazão de nitrogênio foi de $11\text{mL}/\text{min}$, quando se passou reagente de silanização pelo DMS, obteve-se uma taxa de $16\mu\text{mols}/\text{mL}$ aproximadamente. Considerando um comportamento ideal do vapor do reagente, pode-se estimar a pressão parcial do reagente dentro do DMS pela equação geral dos gases. Para uma temperatura ambiente, obtém-se uma pressão de 40% da pressão atmosférica de DMDCS dentro do DMS. Esse elevado valor favorece o processo de sorção da fase gasosa para a película polimerizada de PDMS sobre o ESPC. Considerando-se a razão molar DMDCS/ H_2O igual a 40, conclui-se que há um excesso de reagente de silanização, já que a razão estequiométrica para a hidrólise total do DMDCS é 1/2. De qualquer forma, a quantidade de água presente no nitrogênio é o suficiente para promover uma perceptível polimerização sobre o cristal.

Espectros de impedância foram obtidos para quatro diferentes situações: (a) antes da modificação; (b) logo após a modificação; (c) um dia após a modificação; (d) após lavagem e secagem em estufa à 80°C . Usou-se o software descrito na seção 2.1.10 para a aquisição deste espectros. Mesmo após a lavagem e a secagem, o ESPC modificado apresentou um espectro de impedância (curva *d* da figura 45) muito próxima do espectro obtido um dia depois da modificação sem ser lavado (curva *c* da figura 45) indicando uma estabilidade no filme.

Tomando o modelo elétrico do ESPC, como representado na figura 9, que é o mesmo do DMS, pode-se associar fenômenos de variação de massa ao componente indutivo L_q e variações nas propriedades viscoelásticas ao componente resistivo R_q [9]. Para verificar esse comportamento de forma qualitativa, usou-se o programa descrito na seção 2.1.12.

Os dados da figura 46, quando comparados com os espectros do módulo da impedância (figura 45), mostram que um aumento no valor de R_q está associado ao aumento das propriedades viscoelásticas do filme de PDMS. Os dados da figura 47, quando comparados

Figura 46: Simulação do esquema elétrico do DMS, partindo de dados de um cristal com eletrodos depositados, variando o valor de R_q em Ω . Os valores de C_2 e C_3 foram estimados. $L_q = 75,766mH$, $C_q = 26,082fF$, $C_0 = 8,851pF$, $C_1 = C_2 = 10pF$.

Figura 47: Simulação do esquema elétrico do DMS, partindo de dados de um cristal com eletrodos depositados, variando o valor de L_q em mH . Os valores de C_2 e C_3 foram estimados. $R_q = 0\Omega$, $C_q = 26,082fF$, $C_0 = 8,851pF$, $C_1 = C_2 = 10pF$.

Figura 48: Módulo da impedância mínima em função da frequência ($33,8^{\circ}\text{C}$, $11\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e tempo de alternância de 6min). O módulo da impedância mínima após 24 horas foi de 1419Ω .

com os espectros do módulo da impedância (figura 45), mostram que um aumento no valor de L_q está associado ao aumento de massa da película.

Para uma melhor caracterização do filme, foi efetuado um estudo de acompanhamento dos valores do módulo da impedância mínima ($|Z|_{\min}$), do valor do ângulo de fase máximo ($\theta_{\max}$) e da variação de frequência no módulo da impedância mínima ($\Delta F_{|Z|_{\min}}$). O esquema usado foi o descrito na seção 2.3.3.

Nas figuras 48, 49 e 50, observa-se que, na primeira passagem do DMDCS dentro do sistema, ocorreu uma perturbação devido à grande quantidade de reagente que foi injetada dentro do DMS. Após esse período, foi possível ver uma leve tendência de elevação do valor de $|Z|_{\min}$ e uma tendência de queda nos gráficos de $\theta_{\max}$ e $\Delta F_{|Z|_{\min}}$. No dia seguinte à modificação, foram obtidos os valores para $|Z|_{\min} = 1419\Omega$, $\theta_{\max} = +51\text{deg}$ e $\Delta F_{|Z|_{\min}} = -446\text{Hz}$. O comportamento do módulo da impedância mínima e do ângulo de fase estão de acordo com os obtidos por Yang [53], onde ele monitora, entre outras propriedades, as variações do módulo da impedância mínima e as variações do ângulo de fase máximo durante a formação de um hidrogel com e sem reticulador. Seus dados, para a condição de não reticulação (somente aumento da cadeia polimérica), mostram uma tendência no aumento das variações dessas grandezas e, depois de um certo tempo, essas variações diminuem, tendendo para um valor diferente de

Figura 49: Ângulo de fase máximo em função da frequência ($33,8^{\circ}\text{C}$, $11\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e tempo de alternância de 6min). O ângulo de fase máximo após 24 horas foi de $+51\text{deg}$.

Figura 50: Variação da frequência no módulo de impedância mínimo em função da frequência ($33,8^{\circ}\text{C}$, $11\text{mL}/\text{min}$ de N_2 e tempo de alternância de 6min). A variação de frequência após 24 horas foi de -446Hz .

zero. Segundo o autor, o aumento em $|Z|_{min}$ e θ_{max} estão associados com um *damping*⁸ devido a transformação de um líquido viscoso para um hidrogel viscoso. No presente experimento esse aumento de viscosidade deve-se ao aumento das cadeias poliméricas. Também o aumento na frequência de ressonância com o aumento do produto viscosidade-densidade está associado com o aumento da massa molar do polímero [55]. Nesse presente trabalho de mestrado não foi determinada a frequência de ressonância, pois a fase permaneceu em um valor abaixo de zero que não seria mais possível o circuito oscilador fornecer a fase necessária para oscilar. No entanto, se considerarmos que a frequência de ressonância série tem um valor próximo ao da frequência no módulo de impedância mínima, podemos concluir que houve um aumento de massa e de espessura do filme. Isso pode ser evidenciado com o aumento crescente nos distanciamentos entre os valores de frequência no módulo da impedância mínima (figura 50) nos instantes de chaveamento e na queda acentuada do mesmo. Tomando os dados do registro de condutividade e considerando comportamento ideal do vapor do reagente, a pressão parcial do DMDCS dentro do sistema é de aproximadamente 0,3atm. Esse valor de pressão parcial favorece o processo de sorção do reagente no seio do filme.

A água dentro do sistema é essencial para o processo de polimerização [56], promovendo a formação do PDMS que é um polímero líquido viscoso de comportamento não gravimétrico, mas também viscoelástico sobre o dispositivo TSM [57]. Mesmo sem a passagem do reagente dentro do sistema, observa-se uma tendência de queda contínua na figura 50 devido ao aumento da viscosidade sobre o dispositivo.

⁸Atenuação de sinal.

4 CONCLUSÕES

O DFD possui particularidades quando comparado com os dispositivos de eletrodos depositados. Apesar de ter uma maior liberdade com o manuseio do ESPC e de modificação superficial, possui o inconveniente de ter uma incerteza maior nas medidas de massa. Isso devido a falta de precisão no posicionamento do ESPC dentro da cela e no cálculo da área do depósito. Para efetuar estudos com o DFD é necessário saber qual é a posição do ESPC dentro do DFD e manter imóvel um eletrodo em relação ao outro.

Para estimativas de massas, o formato anelar dos depósitos de sulfato de cobre penta hidratado é determinante para a análise devido ao aumento da dispersão dos pontos. Essa dispersão é provavelmente uma consequência do acúmulo de material nas proximidades das bordas do ESPC, onde a sensibilidade é menor [49, 58, 59]. Para medidas mais precisas, seria necessário efetuar uma calibração do DFD. Isso é particularmente complicado para o ESPC por ser difícil delimitar uma região sobre a lâmina.

Para o monitoramento de propriedades do filme obtido com o AEAPTS e com AIAC e piridina foi possível observar variações de propriedades viscoelásticas e variações de massa. Dos resultados obtidos, pôde-se estimar um rendimento da ordem de 68% para a reação de incorporação do grupo acetato. Vale ressaltar que o dispositivo desenvolvido neste trabalho não permite avaliar se houve reação do AIAC somente com grupos aminas primárias ou secundárias, ou mesmo se a reação ocorre preferencialmente em camadas superficiais do filme. Para obter este tipo de informação, continua sendo necessárias outras técnicas de estudo de superfícies.

Com relação ao DMS, as variações de frequência com o TMCS mostraram-se estar na ordem de grandeza do limite de detecção do sistema. Nessa caso o sistema mostrou-se inviável sendo necessário se trabalhar com um cristal de frequência maior ou aumentar o tempo de contagem de pulsos.

Para as modificações usando DMCS com o DMS observou-se a formação do polidimetilsiloxano. Isso foi evidenciado pelo tom esbranquiçado e característica visualmente hidrofóbica da superfície dos ESPC após os experimentos.

Muitas outras informações poderiam ser retiradas de ambos dos sistemas (DFD e DMS) se

houvesse um método de ajuste dos parâmetros do esquema elétrico do ESPC (figura 9) com os dados experimentais do módulo da impedância e fase em função da frequência. É possível separar as contribuições de massa e de viscoelasticidade [60] através dos parâmetros L_q e R_q do esquema elétrico do ESPC [9, 53, 61, 62, 63, 64].

5 PERSPECTIVAS

Os dispositivos desenvolvidos podem ser úteis em estudos envolvendo a modificação superficial não só do quartzo, mas também da sílica. Estes estudos poderiam envolver modificações utilizando reagentes na fase gasosa, desde que compatíveis com os materiais utilizados na fabricação da linha de gases e cela. Por outro lado, os dispositivos poderiam ser utilizados para monitoramento passo-a-passo para uma sequência de reações, com reagentes líquidos ou gasosos, desde que o cristal fosse removido do meio e posicionado na cela de medida.

Pretendemos utilizar estes dispositivos no trabalho de doutorado de um outro aluno do grupo, o qual estuda a aplicação analítica de cristais piezelétricos de quartzo com eletrodos separados e modificação por reações de silanização.

Seria bastante interessante o desenvolvimento de um método matemático que possibilitasse o ajuste dos parâmetros do modelo elétrico do ESPC com os dados do módulo da impedância e do ângulo de fase. Isso permitiria obter mais informações sobre os cristais modificados, já que os elementos do esquema elétrico do ESPC estão correlacionados com variações das propriedades do sistema.

Referências

- [1] Andrade, J. F.; Fatibello Filho, O.; Oliveira Neto, G.; Guilbault, G. G. Aplicações Analíticas dos Cristais Piezelétricos. *Química Nova*, v. 4, p. 14, 1991.
- [2] Klein, C.; Hurlbut Jr., C. S., *Manual of Mineralogy*. 21^a ed., John Wiley & Sons, Inc, 1993.
- [3] Newnham, R. E.; Trolier-McKinstry, S.; Giniewicz, J. R. Piezelectric, Pyroelectric and Ferroic Crystals. *J. Mater. Educ.*, v. 15, p. 189, 1993.
- [4] Laudise, R. A.; Barns, R. L. Perfection of Quartz and Its Connection to Crystal Growth. *IEEE Transactions on Ultrasonic, Ferroelectrics, and Frequency Control*, v. 35, n. 3, p. 277, 1988.
- [5] Vig, J. R., Quartz Crystal Resonators and Oscillators for Frequency Control and Timing Applications - A Tutorial. Rel. Téc. OMB number 0704-0188, U.S. Army Communications-Electronics Command (CECOM), ATTN: AMSEL-RD-C2, Fort Monmouth, NJ 07703, USA, 1997, Report Number SLCET-TR-88-1 (Rev. 8.0).
- [6] Mason, P. W., *Piezelectricity*. MacGraw-Hill, 1946.
- [7] Frondel, C., *The System of Mineralogy*. John Wiley & Sons, Inc, 1962.
- [8] Ballato, A., *Doubly Rotated Thickness Mode Plate Vibrators in Physical Acoustics*, v. XIII. Academy Press, 1977.
- [9] Yang, M.; Thompson, M. Multiple Chemical Information from the Thickness Shear Mode Acoustic Wave Sensor in the Liquid Phase. *Anal. Chem.*, v. 65, p. 1158, 1993.
- [10] Edminister, J. A., *Circuitos Elétricos*. McGraw-Hill do Brasil, 1971.
- [11] Muramatsu, H.; Tamiya, E.; Karube, I. Computation of Equivalent Circuit Parameters of Quartz Crystal in Contact with Liquids and Study of Liquid Properties. *Anal. Chem.*, v. 60, p. 2142, 1988.

- [12] Muramatsu, H.; Tamiya, E.; Suzuki, M.; Karube, I. Viscosity Monitoring with a Piezelectric Quartz Crystal and Its Application to Determination of Endotoxin by Gelation of Limulus Amebocyte Lysate. *Anal. Chim. Acta*, v. 215, p. 91, 1988.
- [13] Iler, R. K., *The Chemistry of Silica*. John Wiley & Sons, 1979.
- [14] Airoidi, C.; Farias, R. F. O Uso de Sílica Gel Organofuncionalizada Como Agente Sequestrante Para Metais. *Química Nova*, v. 4, p. 496, 2000.
- [15] Sauerbrey, G.Z. *Z. Physik*, v. 155, p. 206, 1959.
- [16] Slutsky, L. J.; Wade, W. H. Adsorption of Gases on Quartz Single Crystal. *J. Chem. Phys.*, v. 36, p. 2688, 1962.
- [17] King, W. H. Piezoelectric Sorption Detector. *Anal. Chem.*, v. 36, p. 1735, 1964.
- [18] Nomura, T.; Okuhara, M.; Murata, K.; Hattori, K. *Bunseki Kagaku*, v. 30, p. 417, 1981.
- [19] Nomura, T.; Okuhara, M. *Anal. Chim. Acta*, v. 142, p. 281, 1982.
- [20] Kanazawa, K. K.; Gordon II, J. G. *Anal. Chim. Acta*, v. 248, p. 329, 1985.
- [21] Dazhong, S; Song, L.; Qi, K.; Lihua, N.; Shouzhuo, Y. Frequency Characteristics of an Electrode-separated Piezelectric Crystal Sensor in Contact With of Liquid. *Analyst*, v. 118, p. 1143, 1993.
- [22] Shen, D.; Kang, Q.; Xue, Y.; Chen, L.; Wang, L. Maximum separation-distance for a separated-electrode piezelectric sensor: application to the determination of cationic surfactant adsorbed onto surface. *Sensors and Actuators B*, v. 50, p. 253, 1998.
- [23] Kang, Q.; Wu, X.; Xue, Y.; Liu, X.; Shen, D. Maximum separation-distance for a separated-electrode piezelectric sensor in non-electrolyte liquids. Application to determination of the adsorption human immunoglobulin G onto quartz surface. *Sensors and Actuators B*, v. 61, p. 68, 1999.

- [24] Shen, D.; Kang, Q.; Wang, L.; Ma, C.; Zhang, X. Oscillation frequency characteristic of an electrode-separated piezoelectric sensor and application to the determination of the adsorption of a surfactant on quartz surface. *J. Electroanal. Chem.*, v. 428, p. 105, 1997.
- [25] Xu, Y.; Shen, D.; Xie, Q.; Nie, L.; Yao, S. Frequency-temperature coefficient of an electrode-separated piezoelectric sensor in the liquid phase. *J. Electroanal. Chem.*, v. 387, p. 23, 1995.
- [26] Takada, K.; Tatsuma, T.; Oyama, N. Impedance and frequency characteristics of electrode-separated piezoelectric quartz crystal in liquids. *J. Electroanal. Chem.*, v. 370, p. 103, 1994.
- [27] Dazhong, S.; Mingshan, H.; Lihua, N.; Shouzhuo, Y. Equivalent circuits of piezoelectric quartz crystal in a liquid and liquid properties - Part 2. A unified equivalent circuit model for piezoelectric sensors. *J. Electroanal. Chem.*, v. 371, p. 117, 1994.
- [28] Zhu, W.; Wei, W.; Mo, Z.; Nie, L.; Yao, S. Piezoelectric Detection of Water with a Separated Electrode. *Anal. Chem.*, v. 65, p. 2566, 1993.
- [29] Nomura, T.; Sato, A. Adsorptive determination of copper(II) in solution as an ion-pair of bisneocuproinecopper(I) and dodecylsulfate ions on an electrode-separated piezoelectric quartz crystal. *Anal. Chim. Acta*, v. 374, p. 291, 1998.
- [30] Nomura, T.; Tanaka, F.; Yamada, T.; Itoh, H. Electrodeless piezoelectric quartz crystal and its behaviour in solutions. *Anal. Chim. Acta*, v. 243, p. 273, 1991.
- [31] Nomura, T.; Ohno, Y.; Takaji, Y. Single drop method for determination of ions using an electrodeless quartz crystal. *Anal. Chem.*, v. 272, p. 187, 1993.
- [32] Nomura, T.; Kumagai, M.; Sato, A. Adsorptive determination of copper(II) in solution as its N,N-diethyldithiocarbamate on an electrode-separated piezoelectric quartz crystal. *Anal. Chim. Acta*, v. 343, p. 209, 1997.
- [33] Nomura, T.; Egawa, T. Adsorption determination of ionic surfactants using an electrode-separated piezoelectric quartz crystal. *Anal. Chim. Acta*, v. 339, p. 187, 1997.

- [34] Nomura, T.; Isawa, M.; Matsuzawa, H.; Shibukawa, Y. Adsorption of metal ions from solutions on the quartz plate of an electrode-separated piezoelectric quartz crystal. *Anal. Chim. Acta*, v. 286, p. 205, 1994.
- [35] He, F.; Geng, Q.; Zhu, W.; Nie, L.; Yao, S.; Meifeng, C. Rapid detection of *Escherichia coli* using a separated electrode piezoelectric crystal sensor. *Anal. Chim. Acta*, v. 289, p. 313, 1994.
- [36] Xie, Q.; Pang, X.; Shen, D.; Nie, L.; Yao, S. A new technique using a piezoelectric quartz crystal with one separated electrode as an optically-transparent electrode in adsorption spectroelectrochemistry. *Electrochimica Acta*, v. 39, n. 5, p. 727, 1994.
- [37] Shen, D. Z.; Xue, Y. H.; Kang, Q.; Xie, Q. J.; Chen, L. X. In situ monitoring of adsorption of Lysozyme onto quartz using an electrode-separated piezoelectric sensor. *Microchemical Journal*, v. 60, n. MJ981620, p. 1, 1998.
- [38] Shen, D.; Xie, Q.; Xue, Y. Gravimetric monitoring of adsorption behavior of tetrakis(methylpyridiniumyl)porphyrin onto quartz crystal surface using an electrode-separated piezoelectric sensor. *Mikrochim. Acta*, v. 128, p. 229, 1998.
- [39] Shen, D.; Peng, S.; Kang, Q.; Xue, Y. Adsorption studies of dodecylamine at the quartz interface using an electrode-separated piezoelectric sensor. *Fresenius J. Anal. Chem.*, v. 361, p. 424, 1998.
- [40] Zhu, W.; Wei, W.; Nie, L.; Yao, S. Piezoelectric quartz crystal with separated electrode for the simultaneous determination of atropine sulphate and sodium chloride. *Anal. Chim. Acta*, v. 282, p. 535, 1993.
- [41] Neves, C. A.; Lago, C. L., Microbalança de cristal piezelétrico de quartzo de eletrodos separados para fase gasosa. In: *22a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*, n. QA-100, Poços de Caldas - MG, 1999.
- [42] Jesus, D. P.; Neves, C. A.; Lago, C. L., Aplicação de cristais piezelétricos de quartzo com eletrodos separados e superfície silanizada com

- N-(2-aminoetil)-3-aminopropiltrimetoxisilano como sensores para íons metálicos em análise por injeção em fluxo. In: *22a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*, n. QA-99, Poços de Caldas - MG, 1999.
- [43] Neves, C. A.; Lago, C. L., Dispositivo baseado em cristal piezelétrico de quartzo com eletrodo separado para monitoramento contínuo de reações de silanização e deposição de filmes finos. In: *23a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*, n. QM-60, Poços de Caldas - MG, 2000.
- [44] Jesus, D. P., *Cristais Piezelétricos de Quartzo com Eletrodos Separados e Superfície Modificada como Sensores em Fase Líquida*. Tese de Mestrado, Instituto de Química da Universidade de São Paulo, 1999.
- [45] Helsel, R., *Visual Programming with HP VEE*. 2ª ed., Prentice Hall PTR, 1997.
- [46] Hewlett-Packard Company (ed.), *Controlling Instruments with HP-VEE*. 1ª ed., Hewlett-Packard Company, 1997.
- [47] Hewlett-Packard Company (ed.), *HP-VEE Advanced Programming - Techniques*. 3ª ed., Hewlett-Packard Company, 1997.
- [48] Skoog, D. A.; West, D. M.; Holler, F. J., *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 6ª ed., Saunders College Publishing, 1992.
- [49] Gabrielli, C.; Keddam, M.; Torresi, R. Calibration of the Electrochemical Quartz Crystal Microbalance. *J. Electrochem. Soc.*, v. 138, n. 9, p. 2657, 1991.
- [50] Guimarães, O. M., *Determinação de poluentes gasosos utilizando sensores de cristais piezelétricos*. Tese de Doutorado, Instituto de Química de São Carlos - USP, 1997.
- [51] Chiang, C.; Koenig, J. L. Fourier Transform Infrared Spectroscopic Study of the Adsorption of Multiple Amino Silane Coupling Agents on Glass Surfaces. *J. Colloid Interface Sci.*, v. 83, n. 2, p. 361, 1981.

- [52] Barrow, G. M. The Nature of Hydrogen Bonded Ion-Pairs: The Reaction of Pyridine and Carboxylic Acids in Chloroform. *J. Am. Chem. Soc.*, v. 78, p. 5802, 1956.
- [53] Yang, M.; Yau, H. C.; Zhu, W. Response of a Thickness-Shear Mode Quartz Crystal Resonator Upon Hydrogel Formation. *Anal. Chim. Acta*, v. 351, p. 177, 1997.
- [54] Lower, W. K.; Broge, E. C. Effects of Dehydration and Chemisorbed Materials on the Surface Properties of Amorphous Silica. *J. Phys. Chem.*, v. 65, p. 16, 1961.
- [55] Ivanchenko, M. I.; Kobayashi, H.; Kulik, H.; Dobrova, N. B. Studies on Polymer solutions, gels and grafted Layers Using the Quartz Crystal Microbalance Technique. *Anal. Chim. Acta*, v. 314, p. 23, 1995.
- [56] Herzberg, W. J.; Erwing, W. R. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 33, p. 172, 1970.
- [57] Grate, J. W.; Kaganove, S. N. Comparisons of Polymer/Gas Partition Coefficients Calculated from Responses of Thickness Shear Mode and Surface Acoustic Wave Vapor Sensors. *Anal. Chem.*, v. 70, p. 199, 1998.
- [58] Mecea, V. M. A new method of measuring the mass sensitive areas of quartz crystal resonators. *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, v. 22, p. 59, 1989.
- [59] Martin, B. A.; Hager, H. E. Velocity profile on quartz crystal oscillating in liquids. *J. Appl. Phys.*, v. 65, n. 7, p. 2630, 1989.
- [60] Chang, Y. S.; Guo, J. S.; Lee, Y. P.; Sperling, L. H. Viscoelasticity of Cheese. *J. Chem. Edu.*, v. 63, n. 12, p. 1077, 1986.
- [61] Kipling, A. L.; Thompson, M. Network Analysis Method Applied to Liquid-Phase Acoustic Wave Sensors. *Anal. Chem.*, v. 62, p. 1514, 1990.
- [62] Tenan, M. A.; Soares, D. M. The quartz crystal microbalance: a tool for probing viscous/viscoelastic properties of thin films. *Brazilian J. of Phys.*, v. 28, n. 4, p. 405, Dec 1998.

- [63] Yang, M.; Thompson, M. Thickness-Shear Mode Acoustic Wave Sensors and Flow-Injection Analysis. *Anal. Chim. Acta*, v. 269, p. 167, 1992.
- [64] Yang, M.; Thompson, M. Acoustic Network Analysis and Equivalent Circuit Simulation of the Thickness-Shear Mode Acoustic Wave Sensor in the Liquid Phase. *Anal. Chim. Acta*, v. 282, p. 505, 1993.

6 ANEXOS

6.1 Dedução da equação de Sauerbrey para depósitos de massa em ambas e em uma das faces.

f-quadrado

É prática comum representar a espessura removida (seja por polimento ou corrosão ácida ou básica) ou adicionada (seja por massa depositada sobre os eletrodos metálicos ou por um material que recubra a lâmina do cristal) em termos de Δf (em kHz) por unidade de f_0^2 (em MHz), onde f_0 é a frequência de ressonância da lâmina do cristal. Por exemplo, $1f_0^2$ da corrosão de uma lâmina de $10MHz$ de corte AT corresponde à uma espessura removida que produz um $\Delta f = 100kHz$. Outro exemplo seria $1f_0^2$ de uma lâmina de $30MHz$ corroída corresponde à uma espessura removida que produz um $\Delta f = 900kHz$.

Dedução da equação de Sauerbrey

Essa dedução serve tanto para a um ESPC como para um cristal de eletrodos depositados em suas faces.

Considerando um ressonador do tipo TSM de quartzo oscilando no harmônico fundamental (sem pontos nodais sobre as faces), sabe-se que a espessura da lâmina é igual à metade do comprimento de onda associado a frequência de ressonância (figura 51).

Da figura 51, obtém-se que

$$e = \frac{1}{2}\lambda \quad (6)$$

onde e é a espessura da lâmina do cristal e λ é o comprimento de onda associado à frequência de ressonância da lâmina.

Colocando em função da frequência de ressonância da lâmina, tem-se que

$$e = \frac{1}{2} \cdot \frac{V}{f_0} \quad (7)$$

onde, V é a velocidade de propagação da onda acústica no quartzo perpendicularmente ao

plano ZX do cristal. Também pode-se calcular V através da expressão:

$$V = \sqrt{\frac{\mu_q}{\rho_q}} \quad (8)$$

A partir da equação 7, pode-se introduzir uma nova grandeza N chamada de *constante de frequência do cristal*.

$$N = f_0 \cdot e = \frac{V}{2} \quad (9)$$

Essa grandeza mostra a dependência da frequência de ressonância em função da variação da espessura da lâmina do PQC. Ela se refere às variações nas duas faces do cristal. Para uma lâmina de quartzo de corte do tipo AT e com variações de massa nas duas faces, $N = 1668 MHz \cdot \mu m = 0,1668 MHz \cdot cm$.

Isolando f_0 da expressão 9

$$f_0 = \frac{N}{e} \quad (10)$$

Diferenciando a equação 10 em relação à espessura a da lâmina têm-se que

$$\frac{\partial f_0}{f_0} = -\frac{\partial e}{e} \quad (11)$$

Supondo um depósito de massa de quartzo nas duas faces da lâmina do cristal de quartzo, conforme a figura 52, teríamos que:

Como a densidade do quartzo para variações infinitesimais de massa e espessura é

$$\rho_q = \frac{\partial m}{A \cdot \partial e} \quad (12)$$

onde ρ_q é a densidade do quartzo, ∂m é uma variação infinitesimal de massa e A é a área total do depósito ∂m nas duas faces do cristal, isolando ∂e da equação 12 e substituindo na equação 11 têm-se que

Figura 51: Modo vibracional de cisalhamento para um cristal AT no harmônico fundamental.

Figura 52: Figura exemplificando um depósito de massa total $\partial m = \partial m_1 + \partial m_2$ sobre a área útil total do depósito, onde D é o diâmetro do depósito, $\partial e = \partial e_1 + \partial e_2$ é a variação infinitesimal da espessura da lâmina do cristal e e é a espessura da lâmina do cristal.

$$\frac{\partial f_0}{f_0} = -\frac{\partial m}{A \cdot e \cdot \rho_q} \quad (13)$$

Pela equação 13 observa-se que a variação de frequência provocada pela variação de massa independe das propriedades elásticas do material depositado. Assim, se um filme muito fino de um material diferente do quartzo for depositado sobre suas faces ele terá uma contribuição desprezível sobre as propriedades elásticas do quartzo. Sua contribuição será essencialmente gravimétrica. Com isso é possível alterar a equação 13 para uma forma geral.

$$\frac{\Delta f}{f_0} = -\frac{\Delta m}{A \cdot e \cdot \rho_q} \quad (14)$$

onde Δf é a variação de frequência associada a um acréscimo de massa Δm nas duas faces do cristal e f_0 é a frequência de ressonância da lâmina do cristal sem depósito em suas faces.

Podemos reescrever a equação 9 como

$$e = \frac{N}{f_0} \quad (15)$$

Substituindo a equação 15 na equação 14 obtém-se a equação de Sauerbrey.

$$\Delta f = -\frac{f_0^2}{N \cdot \rho_q \cdot A} \cdot \Delta m \quad (16)$$

Para $N = 0,1668 \text{ MHz} \cdot \text{cm}$ e $\rho_q = 2,654 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ a equação 16 fica

$$\Delta f = -\frac{2,3 \times 10^6 \cdot f_0^2}{A} \cdot \Delta m \quad (17)$$

onde, Δf é a variação de frequência em Hz associada a um acréscimo de massa nas duas faces do cristal, f_0 é a frequência de ressonância em MHz da lâmina de cristal sem depósito de massa sobre suas faces, A é a área total do depósito dada em cm^2 e Δm é a massa em *gramas* depositada em apenas uma das faces do cristal.

A equação 17 pode ser representada de uma forma mais geral

$$\Delta f = -K \cdot \Delta m \quad (18)$$

onde K é a constante de sensibilidade do cristal.

As considerações feitas até aqui é para um depósito que ocupe toda a área útil do cristal (ambas as faces). Entenda por área útil como a soma das duas áreas ocupadas por um depósito de massa Δm distribuída nas duas faces do cristal. Massas depositadas na face da borda não tem efeito sobre a variação de frequência.

Supondo agora uma mesma massa Δm ocupando uma área $A' = \frac{A}{2}$ que é a metade da área útil (uma face). Se avaliarmos a relação $\frac{\Delta m}{A'}$ notaremos que essa relação é o dobro para o mesmo valor de massa depositado nas duas faces ($A' = A$). Seria necessário multiplicar a variação de frequência Δf obtida pelo depósito de massa por 2 para manter válida a equação de Sauerbrey como é visto na equação 19.

$$2 \cdot \Delta f \cdot A' = -\frac{1}{N \cdot \rho_q} f_0^2 \cdot \Delta m \quad (19)$$

Rearranjando a equação de Sauerbrey teremos a equação 20 para o cálculo da massa em apenas uma das faces da lâmina do cristal em função da variação de frequência.

$$\Delta m = -2 \cdot \frac{4,43 \times 10^{-7} \cdot A'}{f_0^2} \Delta f \quad (20)$$

onde A' é a área em cm^2 que o depósito de massa ocupa.

6.2 Header da DLL e o código fonte feito em Delphi 2.0 usados no HP-VEE para o controle da interface AT-MIO-16XE-50 (Placa da série E da National Instruments)

23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.h

Página 1/4

```

/* NIDAQ_HPVEE - National Instruments to use at Hewlett-Packard Visual
 * Engineering Environment.
 * Copyright (C) 1998-2000 Carlos Antonio Neves (caneves@iq.usp.br)
 * Instituto de Quimica da Universidade de Sao Paulo
 *
 * This library is free software; you can redistribute it and/or
 * modify it under the terms of the GNU Library General Public
 * License as published by the Free Software Foundation; either
 * version 2 of the License, or (at your option) any later version.
 *
 * This library is distributed in the hope that it will be useful,
 * but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
 * MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU
 * Library General Public License for more details.
 *
 * You should have received a copy of the GNU Library General Public
 * License along with this library; if not, write to the
 * Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330,
 * Boston, MA 02111-1307, USA.
 */

/* Os comentários feitos são para as placas da série E da National
 * Instruments. Para outras placas vide documentação.
 */

/* =====
 * Para leituras de frequência, conecte o GPCTRQ_OUT no GPCTRL_GATE.
 * O sinal do oscilador, conecte no GPCTRL_SOURCE em relação ao
 * terra digital (vide documentação para saber quais pinos são).
 * =====
 */

/* =====
Função para inicialização da interface
=====
 */

parâmetros:
    device_number : número da interface. Em um microcomputador, pode-se ter
                    até 16 placas da National Instruments. Quando for
                    necessário passar algum comando para uma outra placa
                    é preciso dizer qual é a interface fornecendo o número
                    da interface.
 */

void Initiate_Board (
    int device_number
)

/* =====
Configuração da linha digital
=====
 */

parâmetros:
    line : qual a linha a ser configurada (de 0 até 7).
    read_0_or_write_1 : selecione 0 para configurar a linha 'line' para leitura
                       selecione 1 para configurar a linha 'line' para
                       escrita.
 */

void Configure_Digital_Line (
    int line,
    int read_0_or_write_1
)

/* =====
Escrita em uma linha digital
=====
 */

parâmetros:
    line: seleciona a linha 'line' para escrita.
    low_0_or_high_1 : para nível lógico baixo (0 volts) use 0 ou
                     para nível lógico alto (+5 volts) use 1.

```

23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.h

Página 2/4

```

/* =====
void Write_Digital_Line (
    int line,
    int low_0_or_high_1
)

/* =====
Lê o estado de uma linha digital
=====
 */

parâmetros:
    line : qual a linha a ser lida.
retorna:
    Read_State_Digital_line : retorna 1 para nível lógico alto ou
                             retorna 0 para nível lógico baixo.
 */

int Read_State_Digital_Line (
    int line
)

/* =====
Configuração do conversor analógico/digital
=====
 */

parâmetros:
    channel : qual o canal a ser configurado.
    Diff_0_or_RSE_1_or_NRSE_2 : para modo diferencial use 0 ou
                                para modo RSE use 1 ou
                                para modo NRSE use 2 (vide manual NI-DAQ).
    bipolar_0_or_unipolar_1 : para modo bipolar use 0 ou
                              para modo unipolar use 1 (vide manual NI-DAQ).
 */

void Configure_AD (
    int channel,
    int Diff_0_or_RSE_1_or_NRSE_2,
    int bipolar_0_or_unipolar_1
)

/* =====
Lê o conversor analógico/digital e devolve um número proporcional à tensão
aplicada.
=====
 */

parâmetros:
    channel : qual o canal a ser lido.
    gain : qual o ganho a ser usado.
retorna:
    Read_AD : retorna um inteiro proporcional à tensão
              lida.
 */

int Read_AD (
    int channel,
    int gain
)

/* =====
Lê o conversor analógico/digital N vezes e devolve a média aritmética da
da tensão aplicada.
=====
 */

parâmetros:
    N : número de vezes que deve ser lido o conversor AD.
    channel : qual o canal a ser lido.
    gain : qual o ganho a ser usado.
retorna:
    Read_Average_AD : double que é média aritmética das N leituras da tensão
                      aplicada.
 */

double Read_Average_AD (

```

23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.h

Página 3/4

```

int    N,
int    channel,
int    gain
)

/*****
Lê um canal do conversor AD e fornece a tensão aplicada em volts.

parâmetros:
    channel : canal a ser usado.
    gain : ganho a ser usado.
retorna:
    Read_Voltage_AD : inteiro proporcional à tensão aplicada em volts.
*****/
double Read_Voltage_AD (
    int    channel,
    int    gain
)

/*****
Lê o conversor AD N vezes e devolve a tensão aplicada em volts.

parâmetros:
    N : números de vezes que deve ser lido o conversor AD.
    channel : canal a ser lido.
    gain : ganho a ser usado.
retorna:
    Read_Average_Voltage_AD : double que é o valor em volts da tensão
                             aplicada.
*****/
double Read_Average_Voltage_AD :

    int    N,
    int    channel,
    int    gain
)

/*****
Escreve um número no conversor digital/analógico.

parâmetros:
    channel : canal a ser usado.
    value : valor a ser escrito no conversor DA.
*****/
void Write_DA (
    int    channel,
    int    value
)

/*****
Escreve uma tensão em volts no conversor digital/analógico.

parâmetros:
    channel : canal a ser usado.
    voltage : tensão em volts a ser escrita no conversor DA.
*****/
void Write_Voltage_DA (
    int    channel,
    int    voltage
)

/*****
Prepara contatador para efetuar contagens em um certo intervalo de tempo.

```

23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.h

Página 4/4

```

parâmetros:
    period_from_2us_to_167E6us : período de tempo para a contagem de pulsos
                                dada em microsegundos (us). A faixa de
                                contagem é de 2 até 167E6 microsegundos.
                                (observação: não coloque a unidade!)
*****/
void Initiate_Counter (
    double period_from_2us_to_167E6us
)

/*****
Dispara contagem de pulsos.
*****/
void Start_Counter ( void )

/*****
Verifica se o contador já acabou de contar. Caso verdadeiro devolve
o número de contagens efetuada.

retorna:
    Read_Counter : Caso não tenha terminado de contar, é devolvido -1.
                  Caso tenha terminado, devolve o número de contagens.
*****/
int Read_Counter ( void )

```


23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.dpr

Página 1/6

```

library NIDAQ_HPVEE;

(*****
* NIDAQ_HPVEE.dpr - National Instrumens Data Aquisition to use at
* Helett-Packard Visual Engineering Environment
* Copyright (C) 1998-2000 Carlos Antonio Neves (caneves@iq.usp.br)
* Instituto de Química da Universidade de Sao Paulo - Sao Paulo - Brazil

* This program is free software; you can redistribute it and/or modify
* it under the terms of the GNU General Public License as published by
* the Free Software Foundation; either version 2, or (at your option)
* any later version.

* This program is distributed in the hope that it will be useful,
* but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
* MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
* GNU General Public License for more details.

* You should have received a copy of the GNU General Public License
* along with this program; if not, write to the Free Software Foundation,
* Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307, USA.

*****

* This code was implement in Delphi 2.0 to use some functions of the
* E Serie Board. Read the documentation to others boards.
*)

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  Nidaq, Nidaqcns, StdCtrls;

const
  (* counters *)
  gpctrNum_0 = ND_COUNTER_0; (* trigger *)
  gpctrNum_1 = ND_COUNTER_1; (* count pulses in a period *)

  (* time base (resolution) *)
  timebase50ns = 50.0E-9; (* 1/20 MHz *)
  timebase10us = 10.0E-6; (* 1/100 kHz *)

  (* number of port to use. Each port has eight digital lines *)
  port = 0; (* It's zero to E Serie Boards *)
  outputPolarity = 0; (* it's zero to AT-MIO-16XE-50 Board *)
  intOrExtRef = 0; (* 0 to internal reference and 1 to external reference *)
  inputRange = 0; (* It's ignored to E Serie Boards *)
  refVoltage = 10.0;
  updateMode = 0; (* Updated when written to (default setting) *)
  driveAIS = 0;

var
  deviceNumber : Integer;
  timebase : double;
  N1, N2,
  ND_INTERNAL : Cardinal;

  Status : Integer; (* código do erro. Se não houver será zero *)
  StrStatus : String; (* String da variável Status *)

(*****
*****
procedure Check_Status (Status : integer);
begin
  if Status<>0 then begin Str(Status, StrStatus); ShowMessage('Erro: '+StrStatus
); Status:=0; end;
end;

```

23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.dpr

Página 2/6

```

(*****
*****
procedure Initiate_Board (device_number : integer); stdcall;
begin
  deviceNumber := device_number;
end;

(*****
*****
procedure Configure_Digital_Line (line, read_0_or_write_1 : integer); stdcall;
begin
  (* The lines are 8 ( 0 to 7 ) and the direction maybe to read (0) or to write
  (1) *)
  Check_Status ( DIG_Line_Config (deviceNumber, port, line, read_0_or_write_1) )
;
end;

(*****
*****
procedure Write_Digital_Line (line, low_0_or_high_1 : integer); stdcall;
begin
  Check_Status ( DIG_Out_Line (deviceNumber, port, line, low_0_or_high_1) );
end;

(*****
*****
function Read_State_Digital_Line (line : integer): integer; stdcall;
var
  line_state : integer;
begin
  Check_Status ( DIG_In_Line (deviceNumber, port, line, @line_state) );

  case line_state of
    272433152: Read_State_Digital_Line := 0;
    272433153: Read_State_Digital_Line := 1;
  end;
end;

(*****
*****
procedure Configure_AD (channel, Diff_0_or_RSE_1_or_NRSE_2, bipolar_0_or_unipola
r_1 : integer); stdcall;
begin
  Check_Status ( AI_Configure (deviceNumber, channel, Diff_0_or_RSE_1_or_NRSE_2,
inputRange, bipolar_0_or_unipolar_1, driveAIS) );
end;

(*****
*****
function Read_AD (channel, gain : integer): integer; stdcall;
var
  last_reading : integer;
begin
  Check_Status ( AI_Read (deviceNumber, channel, gain, @last_reading) );
  Read_AD := last_reading;
end;

(*****
*****
function Read_Average_AD (N, channel, gain : integer): double; stdcall;
var
  total_reading : double;

```


23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.dpr

Página 3/6

```

last_reading : integer;
i : integer;
begin
  total_reading := 0;
  status:=0;
  for i := 1 to N do
  begin
    Check_Status ( AI_Read (deviceNumber, channel, gain, @last_reading) );
    total_reading := total_reading + last_reading;
  end;
  Read_Average_AD := total_reading / N;
end;

(*****
*****
function Read_Voltage_AD (channel, gain : integer): double; stdcall;
var
  voltage : Double;
begin
  Check_Status ( AI_VRead (deviceNumber, channel, gain, @voltage) );
  Read_Voltage_AD := voltage;
end;

(*****
*****
function Read_Average_Voltage_AD (N, channel, gain : integer): double; stdcall;
var
  total_voltage, voltage : Double;
  i : integer;
begin
  total_voltage := 0;
  status:=0;
  for i := 1 to N do
  begin
    Check_Status ( AI_VRead (deviceNumber, channel, gain, @voltage) );
    total_voltage := total_voltage + voltage;
  end;
  Read_Average_Voltage_AD := total_voltage / N;
end;

(*****
*****
procedure Write_DA (channel, value : integer); stdcall;
begin
  Check_Status ( AO_Write (deviceNumber, channel, value) );
end;

(*****
*****
procedure Write_Voltage_DA (channel, voltage : integer); stdcall;
begin
  Check_Status ( AO_Configure (deviceNumber, channel, outputPolarity, intOrExtRe
f, refVoltage, updateMode) );

  Check_Status ( AO_VWrite (deviceNumber, channel, voltage) );
end;

(*****
*****
procedure Initiate_Counter (period_from_2us_to_167E6us : double); stdcall;
var
  period_from_2us_to_167000000us : integer;
begin
  period_from_2us_to_167000000us := round(period_from_2us_to_167E6us);

```

23 out 00 17:01

NIDAQ_HPVEE.dpr

Página 4/6

```

if ((period_from_2us_to_167000000us >= 2) and (period_from_2us_to_167000000us
<= 800000))
then
begin
  ND_INTERNAL := ND_INTERNAL_20_MHZ; (* resolution of 1/20MHz = 50ns *)
  timebase := timebase50ns;
  if (period_from_2us_to_167000000us mod 2)=0
  then
  begin
    N1 := Trunc( ( period_from_2us_to_167000000us / ( timebase * 1.0E6 ) )
/ 2);
    N2 := Trunc( ( period_from_2us_to_167000000us / ( timebase * 1.0E6 ) )
/ 2);
  end
  else
  begin
    N1 := Trunc( ( ( ( period_from_2us_to_167000000us - 1 ) / ( timebase *
1.0E6 ) ) / 2 ) + 1 );
    N2 := Trunc( ( ( period_from_2us_to_167000000us - 1 ) / ( timebase *
1.0E6 ) ) / 2 );
  end
  end
  else
  if ((period_from_2us_to_167000000us > 800000) and (period_from_2us_to_1670
00000us <= 167000000))
  then
  begin
    ND_INTERNAL := ND_INTERNAL_100_KHZ; (* resolution of 1/100kHz = 10us *
)
    timebase := timebase10us;
    if (period_from_2us_to_167000000us mod 2)=0
    then
    begin
      N1 := Trunc( ( ( period_from_2us_to_167000000us + 1 ) / ( timebase
* 1.0E6 ) ) / 2);
      N2 := Trunc( ( ( period_from_2us_to_167000000us + 1 ) / ( timebase
* 1.0E6 ) ) / 2);
    end
    else
    begin
      N1 := Trunc( ( ( period_from_2us_to_167000000us / ( timebase * 1.0
E6 ) ) / 2 ) + 1 );
      N2 := Trunc( ( period_from_2us_to_167000000us / ( timebase * 1.0
E6 ) ) / 2 );
    end
  end
  else
  ShowMessage ('Period should be from 2us to 167000000us. Check it.');
```

ShowMessage('Connect the GPCTR0_OUT (pin 2) to GPCTR1_GATE (pin 41) and the si
gnal to GPCTR1_SOURCE (pin 42). Digital grounds: 4, 7, 9, 12, 13, 15, 35, 36, 39
, and 44.');

(* It's configure the GPCTR0_OUT to start at low when begin to count (without
it the counter doesn't work) *)

```

  Check_Status ( Select_Signal(deviceNumber, ND_GPCTR0_OUTPUT, ND_GPCTR0_OUTPUT,
ND_LOW_TO_HIGH) );
end;

(*****
*****
procedure Start_Counter; stdcall;
begin

```

23 out 00 17:01 **NIDAQ_HPVEE.dpr** Página 5/6

```

(* setup GPCTR1 to be a counter *)
Check_Status ( GPCTR_Control(deviceNumber, gpctrNum_1, ND_RESET) );

Check_Status ( GPCTR_Set_Application(deviceNumber, gpctrNum_1, ND_SINGLE_PERIO
D_MSR) );

Check_Status ( GPCTR_Change_Parameter (deviceNumber, gpctrNum_1, ND_SOURCE, ND
_PFI_3) );

Check_Status ( GPCTR_Change_Parameter (deviceNumber, gpctrNum_1, ND_GATE, ND_P
FI_4) );

Check_Status ( GPCTR_Control(deviceNumber, gpctrNum_1, ND_PROGRAM) );

(* setup GPCTR0 to be a pulse generator *)
Check_Status ( GPCTR_Control(deviceNumber, gpctrNum_0, ND_RESET) );

Check_Status ( GPCTR_Set_Application(deviceNumber, gpctrNum_0, ND_PULSE_TRAIN_
GNR) );

Check_Status ( GPCTR_Change_Parameter(deviceNumber, gpctrNum_0, ND_SOURCE, ND_
INTERNAL) );

Check_Status ( GPCTR_Change_Parameter(deviceNumber, gpctrNum_0, ND_COUNT_1, N1
) );
Check_Status(Status);

Check_Status ( GPCTR_Change_Parameter(deviceNumber, gpctrNum_0, ND_COUNT_2, N2
) );

(* start counter *)
Check_Status ( GPCTR_Control(deviceNumber, gpctrNum_0, ND_PROGRAM) );

end;

(*****
*****
function Read_Counter: integer;
var
    counter_armed,
    counted_value : cardinal;
begin

    Check_Status ( GPCTR_Watch(deviceNumber, gpctrNum_1, ND_ARMED, @counter_armed)
);

    if (counter_armed = ND_NO)
    then
        begin
            (* get the number of counts of the GPCTR1 *)
            Check_Status ( GPCTR_Watch(deviceNumber, gpctrNum_1, ND_COUNT, @counted_va
lue) );

            (* Provid the counts *)
            Read_Counter := counted_value;
        end
    else
        begin
            (* Still counting *)
            Read_Counter := -1;
        end;
end;

end;

```

23 out 00 17:01 **NIDAQ_HPVEE.dpr** Página 6/6

```

(*****
*****
exports
    Initiate_Board,
    Configure_Digital_Line,
    Write_Digital_Line,
    Read_State_Digital_Line,
    Configure_AD,
    Read_Average_AD,
    Read_AD,
    Read_Average_Voltage_AD,
    Read_Voltage_AD,
    Write_DA,
    Write_Voltage_DA,
    Initiate_Counter,
    Start_Counter,
    Read_Counter;

(*****
*****
begin

end.

```


6.3 Código fonte do programa em HP-VEE 4.0 para controle da interface AT-MIO-16XE-50

Para usar esse programa digite a listagem em um arquivo no formato texto e salve com a extensão .vee. Assim será possível executá-lo e editá-lo.

06 jul 00 9:49

ProgramaControleDMS.vee

Página 1/37

```

(saveFormat "2.3")
(date "Thu 03/Feb/2000 20:41:56 ")
(veerev "4.01")
(platform "PC")
(execMode fast)
(filterNAN 0)
(workspaceStackingOrder M)
(SaveCF no)
(device 0 ROOTCONTEXT)
(properties
(trigMode deg)
(nextID 146)
(popupTitleText "SSA")
(popupMoveable 1))
(deviceList
(device 0 IMPORT)
(properties
(name "Import Library")
(libType DLL)
(libName "NIDAQ_HPVEE")
(fileName "C:\\WINDOWS\\SYSTEM\\NIDAQ_HPVEE.Dll")
(defnFileName "C:\\WINDOWS\\SYSTEM\\NIDAQ_HPVEE.H"))
(implementation)
(device 4 CALL)
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Initiate_Board")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Initiate_Board")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1
(name "device_number")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))))
(device 5 CONSTANT)
(properties
(name "device number = 1"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 6 CALL)
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Configure_Digital_Line")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Configure_Digital_Line")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1
(name "line")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))
(input 2
(name "read_0_or_write_1")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))))
(device 7 CALL)
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Configure_AD")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Configure_AD")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1

```

06 jul 00 9:49

ProgramaControleDMS.vee

Página 2/37

```

(name "channel")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))
(input 2
(name "Diff_0_or_RSE_1_or_NRSE_2")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))
(input 3
(name "bipolar_0_or_unipolar_1")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))))
(device 8 CALL)
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Configure_AD")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Configure_AD")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1
(name "channel")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))
(input 2
(name "Diff_0_or_RSE_1_or_NRSE_2")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))
(input 3
(name "bipolar_0_or_unipolar_1")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))))
(device 9 CALL)
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Initiate_Counter")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Initiate_Counter")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1
(name "period_from_2us_to_167E6us")
(requires
(datatype Real))
(optional yes))))
(device 10 CONSTANT)
(properties
(name "line 1"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 11 CONSTANT)
(properties
(name "write"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32

```

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 3/37
<pre> (data 0))) (device 12 CONSTANT (properties (name "channel 0")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 13 CONSTANT (properties (name "RSE")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 14 CONSTANT (properties (name "unipolar")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 15 CONSTANT (properties (name "channel 1")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 16 CONSTANT (properties (name "RSE")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 17 CONSTANT (properties (name "unipolar")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 4/37
<pre> (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0))) (device 19 INPUTDLG (properties (name "period input") (popupTitle "Text Input") (prompt "Enter period from 2us to 167E6us:") (initialValue "2E6") (valueConstraint "2<=value AND value<=167E6") (vErrorMessage "You must enter an integer between 2 and 167E6.")) (interface (output 1 (name "Value") (lock name constraints)) (output 2 (name "Cancel") (lock name constraints))) (implementation (inputType "integer"))) (device 21 FILESELECT (properties (name "File Name Selection") (prompt "Enter File Name:") (initialDirectory "C:\\Arq\\Carlos") (initialFile "lixo.dat") (dialogMode Writing)) (interface (output 1 (name "File Name") (lock name constraints)) (output 2 (name "Cancel") (lock name constraints))) (implementation)) (device 22 DO (interface (output 1 (name "Do")))) (device 23 REPEATUNTILBREAK (interface (output 1 (name "Continuous") (lock name constraints)))) (device 24 CALL (properties (name "Call NIDAQ_HPVEE.Start_Counter") (callFunc "NIDAQ_HPVEE.Start_Counter") (parmMode rev30))) (device 25 REPEATUNTILBREAK (interface (output 1 (name "Continuous") (lock name constraints)))) (device 26 IFTHENELSE (properties (name "A>=0 ?") (cases 1 "A>=0")) (interface (input 1 (name "A") (optional yes)) (output 1 (name "Then") (lock name constraints)) (output 2 (name "Else") (lock name constraints)))) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 5/37
<pre> (device 28 CALL (properties (name "Call NIDAQ_HPVEE.Read_Counter") (callFunc "NIDAQ_HPVEE.Read_Counter") (parmMode rev30)) (interface (output 1 (name "Ret Value") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 30 FORMULA (properties (name "A/(B/1E6)") (expr 1 "A/(B/1E6)")) (interface (input 1 (name "A") (optional yes)) (input 2 (name "B") (optional yes)) (output 1 (name "Result") (tag "Result") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 31 CALL (properties (name "Call NIDAQ_HPVEE.Read_Voltage_AD") (callFunc "NIDAQ_HPVEE.Read_Voltage_AD") (parmMode rev30)) (interface (input 1 (name "channel") (requires (datatype Int32) (optional yes)) (input 2 (name "gain") (requires (datatype Int32) (optional yes)) (output 1 (name "Ret Value") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 33 CONSTANT (properties (name "channel 0")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 34 CONSTANT (properties (name "gain 10")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) implementation (value Int32 (data 10)) (initValue Int32 </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 6/37
<pre> (data 0)))) (device 35 FORMULA (properties (name "(Acc/Count)*100") (expr 1 "(A/B)*100")) (interface (input 1 (name "A") (optional yes)) (input 2 (name "B") (optional yes)) (output 1 (name "Result") (tag "Result") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 37 CALL (properties (name "Call NIDAQ_HPVEE.Read_Voltage_AD") (callFunc "NIDAQ_HPVEE.Read_Voltage_AD") (parmMode rev30)) (interface (input 1 (name "channel") (requires (datatype Int32) (optional yes)) (input 2 (name "gain") (requires (datatype Int32) (optional yes)) (output 1 (name "Ret Value") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 38 CONSTANT (properties (name "gain 10")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) implementation (value Int32 (data 10)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 39 CONSTANT (properties (name "channel 1")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 46 TEXTDISPLAY (properties (name "time")) (interface (input 1 (name "Data")))) (device 47 TEXTDISPLAY (properties </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 7/37
<pre> (name "frequency")) (interface (input 1 (name "Data")))) (device 48 TEXTDISPLAY (properties (name "T device")) (interface (input 1 (name "Data")))) (device 49 TEXTDISPLAY (properties (name "T environment")) (interface (input 1 (name "Data")))) (device 50 TORECORD (properties (outputType array)) (interface (input 1 (name "time") (optional yes)) (input 2 (name "frequency") (optional yes)) (input 3 (name "Tdevice") (optional yes)) (input 4 (name "Tenvironment") (optional yes)) (output 1 (name "Record")))) (device 51 TOFILE (properties (transactions 1 "WRITE TEXT a REAL STD EOL")) (interface (input 1 (name "A") (optional yes)) (input 2 (type control) (name "File Name") (requires (datatype Text) (shape "Scalar")) (lock name constraints) (optional yes))) (implementation (attr iopath file write "C:\\Arq\\Carlos\\lixol.dat" (readTerm "\\n") (fs " ") (eol "\\r\\n") (multiField dataOnly) (arrayFormat linear)))) (device 52 BREAK) (device 53 CONFIRM25 (properties (name "Done")) (interface (output 1 (name "Go") (lock name constraints))) (implementation) (device 54 GATE (interface (input 1 (name "A") </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 8/37
<pre> (tag "InData")) (output 1 (name "X")))) (device 55 BREAK) (device 56 CALL (properties (name "Call NIDAO_HPVEE.Write_Digital_Line") (callFunc "NIDAO_HPVEE.Write_Digital_Line") (parmMode rev30)) (interface (input 1 (name "line") (requires (datatype Int32)) (optional yes)) (input 2 (name "low_0_or_high_1") (requires (datatype Int32)) (optional yes)))) (device 57 CONSTANT (properties (name "line 0")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 58 CONSTANT (properties (name "low")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 64 CONSTANT (properties (name "1")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 65 CONSTANT (properties (name "0")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 69 CALL </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 9/37
<pre> (properties (name "Call NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line") (callFunc "NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line") (parmMode rev30)) (interface (input 1 (name "line") (requires (datatype Int32)) (optional yes))) (input 2 (name "low_0_or_high_1") (requires (datatype Int32)) (optional yes)))) (device 70 CONSTANT (properties (name "line 0")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 71 CONFIRM25 (properties (name "Start Reaction") (enterButton 0) (escapeButton 0)) (interface (output 1 (name "Go") (lock name constraints))) (implementation)) (device 72 REPEATUNTILBREAK (interface (output 1 (name "Continuous") (lock name constraints))) (device 75 FORMULA (properties (name "timer / 60") (expr 1 "A/60")) (interface (input 1 (name "A") (optional yes)) (output 1 (name "Result") (tag "Result") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 77 XYPLOT (properties (name "Frequency")) (interface (input 1 (name "time") (lock constraints)) (input 2 (name "freq") (lock constraints)) (input 3 (type control) (name "Auto Scale") (lock name constraints) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 10/37
<pre> (optional yes))) (implementation (tracePin 2) (graphMode rectangular))) (device 78 XYPLOT (properties (name "Tempetures")) (interface (input 1 (name "time") (lock constraints)) (input 2 (name "Tdev") (lock constraints)) (input 3 (name "Tenv") (lock constraints) (optional yes)) (input 4 (type control) (name "Auto Scale") (lock name constraints) (optional yes))) (implementation (tracePin 2) (tracePin 3) (graphMode rectangular))) (device 79 LABEL (properties (name "time / min") (labelValue "time / min")) (implementation)) (device 80 LABEL (properties (name "frequency / Hz") (labelValue "frequency / Hz")) (implementation)) (device 81 LABEL (properties (name "device / oC") (labelValue "device / oC")) (implementation)) (device 82 LABEL (properties (name "environment / oC") (labelValue "environment / oC")) (implementation)) (device 83 JUNCTION (properties (name "JCT")) (interface (input 1 (name "A") (lock name constraints)) (input 2 (name "B") (lock name constraints)) (input 3 (name "C") (optional yes)) (output 1 (name "Data")))) (device 86 TIMER (interface (input 1 (name "Time1") (lock name constraints)) (input 2 (name "Time2") </pre>		

06 jul 00 9:49 ProgramaControleDMS.vee Página 11/37

```

(lock name constraints))
(output 1
(name "T2 - T1")
(tag "dTime")
(lock name constraints)))
(device 87 GATE
(interface
(input 1
(name "A")
(tag "InData"))
(output 1
(name "X"))))
(device 91 COUNTER
(interface
(input 1
(name "Data"))
(output 1
(name "Count"))))
(device 92 ACCUMULATOR
(interface
(input 1
(name "Data")
(tag "InData")
(requires
(shape "Scalar"))
(lock name constraints))
(output 1
(name "Data")
(tag "accumData")
(lock name constraints)))
(device 93 FORMULA
(properties
(name "(Acc/Count)*100")
(expr 1 "(A/B)*100")
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 94 COUNTER
(interface
(input 1
(name "Data"))
(output 1
(name "Count"))))
(device 95 ACCUMULATOR
(interface
(input 1
(name "Data")
(tag "InData")
(requires
(shape "Scalar"))
(lock name constraints))
(output 1
(name "Data")
(tag "accumData")
(lock name constraints)))
(device 97 IFTHENELSE
(properties
(cases 1 "A>3000000 AND A<5000000"))
(interface
(input 1

```

06 jul 00 9:49 ProgramaControleDMS.vee Página 12/37

```

(name "A")
(optional yes))
(output 1
(name "Then")
(lock name constraints))
(output 2
(name "Else")
(lock name constraints)))
(device 98 GATE
(interface
(input 1
(name "A")
(tag "InData"))
(output 1
(name "X"))))
(device 100 JUNCTION
(properties
(name "JCT")
(interface
(input 1
(name "A")
(lock name constraints))
(input 2
(name "B")
(lock name constraints))
(output 1
(name "Data"))))
(device 101 GATE
(interface
(input 1
(name "A")
(tag "InData"))
(output 1
(name "X"))))
(device 102 GATE
(interface
(input 1
(name "A")
(tag "InData"))
(output 1
(name "X"))))
(device 103 GATE
(interface
(input 1
(name "A")
(tag "InData"))
(output 1
(name "X"))))
(device 104 NOTE
(properties
(text2 5 "SSA31.VEE" ""
"O objetivo dessa vers\343o \351 tentar verificar se ap\363s ter-se passado"
"o reagente dentro do sistema a varia\347\343o de frequ\352ncia \351 a mesma "
"da primeira altern\342ncia.")))
(device 105 CALL
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Configure_Digital_Line")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Configure_Digital_Line")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1
(name "line")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))
(input 2
(name "read_0_or_write_1")
(requires
(datatype Int32))

```

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 13/37
<pre> (optional yes)))) (device 106 CONSTANT (properties (name "write")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 107 CONSTANT (properties (name "line 0")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 108 CALL (properties (name "Call NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line") (callFunc "NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line") (parmMode rev30)) (interface (input 1 (name "line") (requires (datatype Int32)) (optional yes)) (input 2 (name "low_0_or_high_1") (requires (datatype Int32)) (optional yes)))) (device 109 CONSTANT (properties (name "line 1")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 110 JUNCTION (properties (name "JCT")) (interface (input 1 (name "A") (lock name constraints)) (input 2 (name "B") (lock name constraints)) (output 1 (name "Data")))) (device 111 JUNCTION (properties (name "JCT")) (interface </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 14/37
<pre> (input 1 (name "A") (lock name constraints)) (input 2 (name "B") (lock name constraints)) (output 1 (name "Data")))) (device 112 DELAY (properties (delay 360)) (interface (input 1 (name "Delay") (tag "Delay") (requires (datatype Real) (shape "Scalar")) (lock constraints) (optional yes) (buffer YES)) (output 1 (name "Done")))) (device 113 CONSTANT (properties (name "6 min (360 s)")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 360)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 114 CONSTANT (properties (name "6 min (360 s)")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 360)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 115 DELAY (properties (delay 360)) (interface (input 1 (name "Delay") (tag "Delay") (requires (datatype Real) (shape "Scalar")) (lock constraints) (optional yes) (buffer YES)) (output 1 (name "Done")))) (device 116 CONSTANT (properties (name "1")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) </pre>		

06 jul 00 9:49

ProgramaControleDMS.vee

Página 15/37

```

(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 117 CONSTANT
(properties
(name "0"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 126 LABEL
(properties
(name "Limpeza da cela e purga")
(labelValue "Limpeza da cela e purga"))
(implementation))
(device 130 CALL
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1
(name "line")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))
(input 2
(name "low_0_or_high_1")
(requires
(datatype Int32))
(optional yes))))
(device 131 CONSTANT
(properties
(name "low"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 132 CONSTANT
(properties
(name "line 1"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 133 LABEL
(properties
(name "Inje\347\343o")
(labelValue "Inje\347\343o"))
(implementation))
(device 136 COLORALARM
(properties

```

06 jul 00 9:49

ProgramaControleDMS.vee

Página 16/37

```

(name "C.A.")
(split 0.33)
(split2 0.66)
(hilabel "High")
(midlabel "Mid")
(lowlabel "Low"))
(interface
(input 1
(name "Data")
(requires
(datatype Real)
(shape "Scalar")))
(lock name constraints)))
(device 137 COLORALARM
(properties
(name "C.A.")
(split 0.33)
(split2 0.66)
(hilabel "High")
(midlabel "Mid")
(lowlabel "Low"))
(interface
(input 1
(name "Data")
(requires
(datatype Real)
(shape "Scalar")))
(lock name constraints)))
(device 138 LABEL
(properties
(name "line 0")
(labelValue "line 0"))
(implementation))
(device 139 LABEL
(properties
(name "line 1")
(labelValue "line 1"))
(implementation))
(device 140 CONSTANT
(properties
(name "low"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 141 CONSTANT
(properties
(name "line 1"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 142 CALL
(properties
(name "Call NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line")
(callFunc "NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line")
(parmMode rev30))
(interface
(input 1

```


06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 17/37
<pre> (name "line") (requires (datatype Int32)) (optional yes)) (input 2 (name "low_0_or_high_1") (requires (datatype Int32)) (optional yes)))) (device 143 CALL (properties (name "Call NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line") (callFunc "NIDAQ_HPVEE.Write_Digital_Line") (parmMode rev30)) (interface (input 1 (name "line") (requires (datatype Int32)) (optional yes)) (input 2 (name "low_0_or_high_1") (requires (datatype Int32)) (optional yes)))) (device 144 CONSTANT (properties (name "high")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 1)) (initValue Int32 (data 0)))) (device 145 CONSTANT (properties (name "line 0")) (interface (output 1 (name "Int32") (lock name constraints))) (implementation (value Int32 (data 0)) (initValue Int32 (data 0)))) (configuration (connect D0:0 D1:0) (connect D2:1 D1:1) (connect D72:0 D3:0) (connect D7:1 D3:1) (connect D8:1 D3:2) (connect D3:0 D4:0) (connect D9:1 D4:1) (connect D10:1 D4:2) (connect D11:1 D4:3) (connect D4:0 D5:0) (connect D12:1 D5:1) (connect D13:1 D5:2) (connect D14:1 D5:3) (connect D5:0 D6:0) (connect D15:1 D6:1) (connect D96:0 D16:0) (connect D16:0 D17:0) (connect D17:0 D18:0) (connect D18:1 D19:0) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 18/37
<pre> (connect D19:0 D20:0) (connect D22:1 D21:1) (connect D20:1 D22:0) (connect D58:0 D23:0) (connect D22:1 D23:1) (connect D15:1 D23:2) (connect D21:0 D24:0) (connect D25:1 D24:1) (connect D26:1 D24:2) (connect D23:0 D27:0) (connect D61:1 D27:1) (connect D60:1 D27:2) (connect D24:0 D28:0) (connect D30:1 D28:1) (connect D29:1 D28:2) (connect D68:1 D31:1) (connect D66:1 D32:1) (connect D69:1 D33:1) (connect D70:1 D34:1) (connect D68:1 D35:1) (connect D66:1 D35:2) (connect D69:1 D35:3) (connect D70:1 D35:4) (connect D35:1 D36:1) (connect D16:1 D36:2) (connect D67:1 D37:0) (connect D18:0 D39:0) (connect D38:1 D39:1) (connect D86:0 D40:0) (connect D57:1 D41:0) (connect D42:1 D41:1) (connect D43:1 D41:2) (connect D49:1 D44:0) (connect D44:0 D45:0) (connect D47:1 D46:1) (connect D77:1 D46:2) (connect D59:1 D49:0) (connect D58:1 D50:1) (connect D68:1 D51:1) (connect D66:1 D51:2) (connect D51:0 D51:3) (connect D68:1 D52:1) (connect D69:1 D52:2) (connect D70:1 D52:3) (connect D52:0 D52:4) (connect D39:1 D57:1) (connect D16:2 D57:2) (connect D15:2 D57:3) (connect D17:1 D58:1) (connect D21:1 D58:2) (connect D18:1 D59:0) (connect D48:1 D59:1) (connect D24:1 D60:1) (connect D24:1 D61:1) (connect D27:0 D62:0) (connect D64:1 D62:1) (connect D63:1 D62:2) (connect D28:1 D63:1) (connect D28:1 D64:1) (connect D23:1 D65:1) (connect D68:0 D66:0) (connect D23:1 D66:1) (connect D65:2 D67:1) (connect D62:0 D67:2) (connect D65:1 D68:0) (connect D50:1 D68:1) (connect D66:0 D69:0) (connect D27:1 D69:1) (connect D69:0 D70:0) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 19/37
<pre> (connect D62:1 D70:1) (connect D1:0 D72:0) (connect D74:1 D72:1) (connect D73:1 D72:2) (connect D76:1 D75:1) (connect D78:1 D75:2) (connect D44:1 D77:1) (connect D84:1 D77:2) (connect D45:1 D78:1) (connect D83:1 D78:2) (connect D45:0 D79:0) (connect D80:1 D79:1) (connect D83:0 D82:0) (connect D81:1 D82:1) (connect D84:0 D83:0) (connect D79:0 D84:0) (connect D41:0 D86:0) (connect D88:1 D86:1) (connect D87:1 D86:2) (connect D77:1 D90:1) (connect D78:1 D91:1) (connect D97:0 D96:0) (connect D95:1 D96:1) (connect D94:1 D96:2) (connect D6:0 D97:0) (connect D99:1 D97:1) (connect D98:1 D97:2)) >ShowOnExecPanel)) contextCarrier (wndOrigin 2 2) (wndState res) (active panel) (panel (extent 507 596) (widget 38 detail (relativeOrigin 340 530) (title off) (borderStyle none) (extent 140 40)) (widget 54 detail (relativeOrigin 350 80) (title off) (borderStyle none) (extent 102 28) (just 1)) (widget 55 detail (relativeOrigin 350 140) (title off) (borderStyle none) (extent 83 28) (just 1)) (widget 56 detail (relativeOrigin 350 200) (title off) (borderStyle none) (extent 120 28) (just 1)) (widget 51 detail (relativeOrigin 20 20) (title off) (borderStyle flat) (extent 296 272) (displayMode annotGraph) (graphType cartesian) (gridType grid) (scale 0 (name "F / Hz") (domainName "t / min") (pen 9) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 20/37
<pre> (show 1) (range 3580364 3580367 4 linear)) (domain 0 40 4 linear) (trace 0 onScale 0 (name "freq") (pen 4) (lineType 1) (pointType 0))) (widget 33 detail (relativeOrigin 340 160) (fg "Red") (title off) (borderStyle flat) (extent 131 28)) (widget 32 detail (relativeOrigin 340 100) (fg "Yellow") (title off) (borderStyle flat) (extent 131 28)) (widget 31 detail (relativeOrigin 340 40) (title off) (borderStyle flat) (extent 131 28)) (widget 34 detail (relativeOrigin 340 220) (fg "Yellow Green") (title off) (borderStyle flat) (extent 131 28)) (widget 52 detail (relativeOrigin 20 310) (title off) (borderStyle flat) (extent 296 272) (displayMode annotGraph) (graphType cartesian) (gridType grid) (scale 0 (name "T / oC") (domainName "t / min") (pen 9) (show 1) (range 31 34.5 4 linear)) (domain 0 40 4 linear) (trace 0 onScale 0 (name "Tdev") (pen 2) (lineType 1) (pointType 0)) (trace 1 onScale 0 (name "Tenv") (pen 3) (lineType 1) (pointType 0))) (widget 53 detail (relativeOrigin 350 20) (title off) (borderStyle none) (extent 72 28) (just 1)) (widget 48 detail (relativeOrigin 340 470) (title off) (borderStyle none) (extent 140 40)) (widget 90 detail (relativeOrigin 410 280) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 21/37
<pre> (title off) (borderStyle flat) (extent 75 75) (fastmode on) (hicolor "Med Yellow Green") (lowcolor "White") (layout round)) (widget 91 detail (relativeOrigin 410 370) (title off) (borderStyle flat) (extent 75 75) (fastmode on) (hicolor "Med Yellow Green") (lowcolor "White") (layout round)) (widget 93 detail (relativeOrigin 360 360) (title off) (borderStyle none) (extent 46 28) (just l)) (widget 92 detail (relativeOrigin 360 270) (title off) (borderStyle none) (extent 46 28) (just l))) (detail (extent 600 401) (anchorPt -641 -104) (configuration (devCarrierFor 0 (active icon) (icon (extent 95 16)) (open (extent 429 114)) (pinCenter 370 0)) (devCarrierFor 4 (active icon) (icon (extent 235 16)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 370 240)) (devCarrierFor 5 (active icon) (icon (extent 128 16)) (open (extent 164 30) (showFormat int)) (pinCenter 100 240)) (devCarrierFor 6 (active icon) (icon (extent 298 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 370 550)) (devCarrierFor 7 (active icon) (icon (extent 237 34)) (open (extent 196 62)) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 22/37
<pre> (terminals on) (pinCenter 370 710)) (devCarrierFor 8 (active icon) (icon (extent 237 34)) (open (extent 196 62)) (terminals on) (pinCenter 370 870)) (devCarrierFor 9 (active icon) (icon (extent 249 16)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 370 1030)) (devCarrierFor 10 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 520)) (devCarrierFor 11 (active icon) (icon (extent 33 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 580)) (devCarrierFor 12 (active icon) (icon (extent 68 16)) (open (extent 104 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 640)) (devCarrierFor 13 (active icon) (icon (extent 32 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 50 700)) (devCarrierFor 14 (active icon) (icon (extent 56 16)) (open (extent 92 30) (showFormat int)) (pinCenter 50 760)) (devCarrierFor 15 (active icon) (icon (extent 68 16)) (open (extent 104 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 830)) (devCarrierFor 16 (active icon) (icon </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 23/37
<pre> (extent 32 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 50 890)) (devCarrierFor 17 (active icon) (icon (extent 56 16)) (open (extent 92 30) (showFormat int)) (pinCenter 50 950)) (devCarrierFor 19 (active icon) (icon (extent 82 25)) (open (extent 449 107)) (terminals on) (pinCenter -230 1060)) (devCarrierFor 21 (active icon) (icon (extent 137 25)) (open (extent 314 110)) (terminals on) (pinCenter 370 1380)) (devCarrierFor 22 (active icon) (icon (extent 25 14)) (open) (terminals on) (pinCenter 370 1490)) (devCarrierFor 23 (active icon) (icon (extent 74 52) (iconImage "loop.icn")) (open) (terminals on) (pinCenter 370 1600)) (devCarrierFor 24 (active icon) (icon (extent 237 16)) (open (extent 213 53)) (terminals on) (pinCenter 600 1740)) (devCarrierFor 25 (active icon) (icon (extent 74 52) (iconImage "loop.icn")) (open) (terminals on) (pinCenter 600 1870)) (devCarrierFor 26 (active icon) (icon (extent 49 25)) (open (extent 88 47)) (terminals on) (pinCenter 1210 2090)) (devCarrierFor 28 </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 24/37
<pre> (active icon) (icon (extent 242 16)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 840 1990)) (devCarrierFor 30 (active icon) (icon (extent 67 25)) (open (extent 95 42)) (terminals on) (pinCenter 1720 2260)) (devCarrierFor 31 (active icon) (icon (extent 268 34)) (open (extent 241 62)) (terminals on) (pinCenter 1320 2420)) (devCarrierFor 33 (active icon) (icon (extent 68 16)) (open (extent 104 30) (showFormat int)) (pinCenter 1070 2390)) (devCarrierFor 34 (active icon) (icon (extent 51 16)) (open (extent 87 30) (showFormat int)) (pinCenter 1070 2440)) (devCarrierFor 35 (active icon) (icon (extent 114 25)) (open (extent 95 42)) (terminals on) (pinCenter 1720 2430)) (devCarrierFor 37 (active icon) (icon (extent 268 34)) (open (extent 241 62)) (terminals on) (pinCenter 1320 2630)) (devCarrierFor 38 (active icon) (icon (extent 51 16)) (open (extent 87 30) (showFormat int)) (pinCenter 1080 2660)) (devCarrierFor 39 (active icon) (icon (extent 68 16)) (open (extent 104 30) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 25/37
<pre> (showFormat int)) (pinCenter 1070 2600)) (devCarrierFor 46 (active open) (icon (extent 30 0)) (open (extent 131 28)) (title off) (pinCenter 2320 2160)) (devCarrierFor 47 (active open) (icon (extent 69 0)) (open (extent 131 28)) (title off) (pinCenter 2320 2310)) (devCarrierFor 48 (active open) (icon (extent 59 0)) (open (extent 131 28)) (title off) (pinCenter 2320 2430)) (devCarrierFor 49 (active open) (icon (extent 100 0)) (open (extent 131 28)) (title off) (pinCenter 2320 2630)) (devCarrierFor 50 (active icon) (icon (extent 89 52) (iconImage "build.icn")) (open (extent 167 82)) (terminals on) (pinCenter 2410 2850)) (devCarrierFor 51 (active icon) (icon (extent 48 25)) (open (extent 256 133)) (terminals on) (pinCenter 2820 2950)) (devCarrierFor 52 (active icon) (icon (extent 41 16)) (open (extent 17 30)) (terminals on) (pinCenter 1910 2800)) (devCarrierFor 53 (active open) (icon (extent 38 0)) (open (extent 47 22)) (title off) (pinCenter 10 1770)) (devCarrierFor 54 (active icon) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 26/37
<pre> (icon (extent 34 14)) (open) (terminals on) (pinCenter 110 1770)) (devCarrierFor 55 (active icon) (icon (extent 41 16)) (open) (terminals on) (pinCenter 340 2170)) (devCarrierFor 56 (active icon) (icon (extent 266 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 340 1920)) (devCarrierFor 57 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 1890)) (devCarrierFor 58 (active icon) (icon (extent 24 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 1950)) (devCarrierFor 64 (active icon) (icon (extent 24 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 1030 200)) (devCarrierFor 65 (active icon) (icon (extent 24 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 1030 280)) (devCarrierFor 69 (active icon) (icon (extent 266 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 1740 270)) (devCarrierFor 70 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 1460 260)) (devCarrierFor 71 </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 27/37
<pre> (active open) (icon (extent 99 0)) (open (extent 120 43)) (title off) (pinCenter 710 -10)) (devCarrierFor 72 (active icon) (icon (extent 74 52) (iconImage "loop.icn")) (open (extent 12 30)) (terminals on) (pinCenter 960 100)) (devCarrierFor 75 (active icon) (icon (extent 64 16)) (open (extent 72 32)) (terminals on) (pinCenter 1880 2150)) (devCarrierFor 77 (active icon) (icon (extent 74 52) (iconImage "display.icn")) (open (extent 296 272) (displayMode annotGraph) (graphType cartesian) (gridType grid) (scale 0 (name "F / Hz") (domainName "t / min") (pen 9) (show 1) (range 3580364 3580367 4 linear)) (domain 0 40 4 linear) (trace 0 onScale 0 (name "freq") (pen 4) (lineType 1) (pointType 0))) (title off) (pinCenter 2920 2170)) (devCarrierFor 78 (active icon) (icon (extent 83 52) (iconImage "display.icn")) (open (extent 296 272) (displayMode annotGraph) (graphType cartesian) (gridType grid) (scale 0 (name "T / oC") (domainName "t / min") (pen 9) (show 1) (range 31 34.5 4 linear)) (domain 0 40 4 linear) (trace 0 onScale 0 (name "Tdev") (pen 4) (lineType 1) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 28/37
<pre> (pointType 0)) (trace 1 onScale 0 (name "Tenv") (pen 7) (lineType 1) (pointType 0))) (title off) (pinCenter 2900 2590)) (devCarrierFor 79 (active open) (icon (extent 66 0)) (open (extent 72 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 2300 2120)) (devCarrierFor 80 (active open) (icon (extent 99 0)) (open (extent 102 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 2310 2270)) (devCarrierFor 81 (active open) (icon (extent 78 0)) (open (extent 83 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 2300 2390)) (devCarrierFor 82 (active open) (icon (extent 118 0)) (open (extent 120 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 2320 2590)) (devCarrierFor 83 (active icon) (icon (extent 29 45)) (open (extent 12 82)) (terminals on) (pinCenter 250 1790)) (devCarrierFor 86 (active icon) (icon (extent 68 52) (iconImage "timer.icn")) (open (extent 76 32)) (pinCenter 1720 2150)) (devCarrierFor 87 (active icon) (icon (extent 42 19)) (open) (terminals on) (pinCenter 880 -10)) (devCarrierFor 91 (active icon) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 29/37
<pre> (icon (extent 56 16)) (open (extent 92 32)) (pinCenter 1570 2470)) (devCarrierFor 92 (active icon) (icon (extent 85 16)) (open (extent 121 32)) (pinCenter 1580 2420)) (devCarrierFor 93 (active icon) (icon (extent 114 25)) (open (extent 95 42)) (terminals on) (pinCenter 1720 2640)) (devCarrierFor 94 (active icon) (icon (extent 56 16)) (open (extent 92 32)) (pinCenter 1570 2670)) (devCarrierFor 95 (active icon) (icon (extent 85 16)) (open (extent 121 32)) (pinCenter 1580 2630)) (devCarrierFor 97 (active icon) (icon (extent 82 25)) (open (extent 214 53)) (terminals on) (pinCenter 1950 2340)) (devCarrierFor 98 (active icon) (icon (extent 36 14)) (open) (terminals on) (pinCenter 2100 2260)) (devCarrierFor 100 (active icon) (icon (extent 29 25)) (open) (terminals on) (pinCenter 1840 2730)) (devCarrierFor 101 (active icon) (icon (extent 35 16)) (open) (terminals on) (pinCenter 2100 2150)) (devCarrierFor 102 (active icon) (icon (extent 35 16)) (open) (terminals on) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 30/37
<pre> (pinCenter 2100 2430)) (devCarrierFor 103 (active icon) (icon (extent 35 16)) (open) (terminals on) (pinCenter 2100 2670)) (devCarrierFor 104 (active open) (icon (iconImage "notepad.icn")) (open (extent 582 141) (editing enabled)) (pinCenter 1350 -10)) (devCarrierFor 105 (active icon) (icon (extent 298 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 370 380)) (devCarrierFor 106 (active icon) (icon (extent 33 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 410)) (devCarrierFor 107 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 350)) (devCarrierFor 108 (active icon) (icon (extent 266 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 1750 590)) (devCarrierFor 109 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 1470 580)) (devCarrierFor 110 (active icon) (icon (extent 29 45)) (open (extent 12 82)) (terminals on) (pinCenter 1460 360)) (devCarrierFor 111 (active icon) (icon (extent 29 45)) (open) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 31/37
<pre> (extent 12 82)) (terminals on) (pinCenter 1470 680)) (devCarrierFor 112 (active icon) (icon (extent 40 16)) (open (extent 76 32)) (pinCenter 1030 360)) (devCarrierFor 113 (active open) (icon (extent 91 16)) (open (extent 127 30) (showFormat int)) (pinCenter 890 360)) (devCarrierFor 114 (active open) (icon (extent 91 16)) (open (extent 127 30) (showFormat int)) (pinCenter 900 690)) (devCarrierFor 115 (active icon) (icon (extent 40 16)) (open (extent 76 32)) (pinCenter 1030 690)) (devCarrierFor 116 (active icon) (icon (extent 24 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 1030 610)) (devCarrierFor 117 (active icon) (icon (extent 24 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 1030 530)) (devCarrierFor 126 (active open) (icon (extent 170 0)) (open (extent 167 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 900 240)) (devCarrierFor 130 (active icon) (icon (extent 266 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 340 2060)) (devCarrierFor 131 (active icon) (icon </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 32/37
<pre> (extent 24 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 2090)) (devCarrierFor 132 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 60 2030)) (devCarrierFor 133 (active open) (icon (extent 49 0)) (open (extent 57 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 940 570)) (devCarrierFor 136 (active open) (icon) (open (extent 75 75) (fastmode on) (hicolor "Yellow Green") (lowcolor "White") (layout round)) (title off) (pinCenter 1650 360)) (devCarrierFor 137 (active open) (icon) (open (extent 75 75) (fastmode on) (hicolor "Yellow Green") (lowcolor "White") (layout round)) (title off) (pinCenter 1650 700)) (devCarrierFor 138 (active open) (icon (extent 38 0)) (open (extent 46 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 1550 420)) (devCarrierFor 139 (active open) (icon (extent 38 0)) (open (extent 46 28) (just 1)) (title off) (pinCenter 1550 770)) (devCarrierFor 140 (active icon) (icon (extent 24 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 33/37
<pre> (pinCenter 90 1290)) (devCarrierFor 141 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 90 1230)) (devCarrierFor 142 (active icon) (icon (extent 266 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 370 1260)) (devCarrierFor 143 (active icon) (icon (extent 266 25)) (open (extent 196 53)) (terminals on) (pinCenter 370 1140)) (devCarrierFor 144 (active icon) (icon (extent 31 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 90 1170)) (devCarrierFor 145 (active icon) (icon (extent 38 16)) (open (extent 84 30) (showFormat int)) (pinCenter 90 1110)) (connect D0:0 D1:0 (points 2 370 10 370 229)) (connect D2:1 D1:1 (points 2 166 240 250 240)) (connect D72:0 D3:0 (points 2 370 395 370 535)) (connect D7:1 D3:1 (points 4 81 520 100 520 100 540 218 540)) (connect D8:1 D3:2 (points 4 79 580 100 580 100 560 218 560)) (connect D3:0 D4:0 (points 2 370 565 370 690)) (connect D9:1 D4:1 (points 4 96 640 120 640 120 700 249 700)) (connect D10:1 D4:2 (points 4 68 700 90 700 90 710 249 710)) (connect D11:1 D4:3 (points 4 80 760 100 760 100 720 249 720)) (connect D4:0 D5:0 (points 2 370 729 370 850)) (connect D12:1 D5:1 (points 4 96 830 120 830 120 860 249 860)) (connect D13:1 D5:2 (points 4 68 890 90 890 90 870 249 870)) (connect D14:1 D5:3 (points 4 80 950 100 950 100 880 249 880)) (connect D5:0 D6:0 (points 2 370 889 370 1019)) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 34/37
<pre> (connect D15:1 D6:1 (points 4 -187 1050 -160 1050 -160 1030 243 1030)) (connect D96:0 D16:0 (points 2 370 1275 370 1365)) (connect D16:0 D17:0 (points 2 370 1395 370 1480)) (connect D17:0 D18:0 (points 2 370 1499 370 1571)) (connect D18:1 D19:0 (points 3 409 1600 600 1600 600 1729)) (connect D19:0 D20:0 (points 2 600 1750 600 1841)) (connect D22:1 D21:1 (points 4 963 1990 980 1990 980 2090 1183 2090)) (connect D20:1 D22:0 (points 3 639 1870 840 1870 840 1979)) (connect D58:0 D23:0 (points 2 1720 2178 1720 2245)) (connect D22:1 D23:1 (points 6 963 1990 980 1990 980 2090 1160 2090 1160 2250 1684 2250)) (connect D15:1 D23:2 (points 4 -187 1050 -160 1050 -160 2270 1684 2270)) (connect D21:0 D24:0 (points 4 1210 2105 1210 2130 1320 2130 1320 2400)) (connect D25:1 D24:1 (points 4 1106 2390 1130 2390 1130 2410 1183 2410)) (connect D26:1 D24:2 (points 4 1098 2440 1120 2440 1120 2430 1183 2430)) (connect D23:0 D27:0 (points 2 1720 2275 1720 2415)) (connect D61:1 D27:1 (points 2 1625 2420 1660 2420)) (connect D60:1 D27:2 (points 4 1600 2470 1640 2470 1640 2440 1660 2440)) (connect D24:0 D28:0 (points 2 1320 2439 1320 2610)) (connect D30:1 D28:1 (points 4 1106 2600 1130 2600 1130 2620 1183 2620)) (connect D29:1 D28:2 (points 4 1108 2660 1130 2660 1130 2640 1183 2640)) (connect D68:1 D31:1 (points 4 2120 2150 2220 2150 2220 2160 2252 2160)) (connect D66:1 D32:1 (points 4 2120 2260 2210 2260 2210 2310 2252 2310)) (connect D69:1 D33:1 (points 2 2120 2430 2252 2430)) (connect D70:1 D34:1 (points 4 2120 2670 2150 2670 2150 2630 2252 2630)) (connect D68:1 D35:1 (points 8 2120 2150 2220 2150 2220 2500 2420 2500 2420 2680 2340 2680 2340 2830 2363 2830)) (connect D66:1 D35:2 (points 4 2120 2260 2190 2260 2190 2840 2363 2840)) (connect D69:1 D35:3 (points 4 2120 2430 2140 2430 2140 2850 2363 2850)) (connect D70:1 D35:4 (points 4 2120 2670 2330 2670 2330 2860 2363 2860)) (connect D35:1 D36:1 (points 4 2457 2850 2480 2850 2480 2940 2793 2940)) (connect D16:1 D36:2 (points 10 441 1370 470 1370 470 1430 460 1430 460 1770 500 1770 500 2900 2760 2900 2760 2960 2793 2960)) (connect D67:1 D37:0 (points 3 1857 2730 1910 2730 1910 2789)) (connect D18:0 D39:0 (points 4 370 1628 370 1650 110 1650 110 1760)) (connect D38:1 D39:1 (points 2 36 1770 90 1770)) (connect D86:0 D40:0 </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 35/37
<pre> (points 2 340 2075 340 2159)) (connect D57:1 D41:0) (points 3 267 1790 340 1790 340 1905)) (connect D42:1 D41:1) (points 4 81 1890 100 1890 100 1910 204 1910)) (connect D43:1 D41:2) (points 4 74 1950 90 1950 90 1930 204 1930)) (connect D49:1 D44:0) (points 3 999 100 1030 100 1030 189)) (connect D44:0 D45:0) (points 2 1030 210 1030 269)) (connect D47:1 D46:1) (points 2 1481 260 1604 260)) (connect D77:1 D46:2) (points 4 1477 360 1570 360 1570 280 1604 280)) (connect D59:1 D49:0) (points 3 903 -10 960 -10 960 71)) (connect D58:1 D50:1) (points 2 1756 2150 1845 2150)) (connect D68:1 D51:1) (points 6 2120 2150 2220 2150 2220 2200 2400 2200 2400 2160 2880 2160)) (connect D66:1 D51:2) (points 8 2120 2260 2210 2260 2210 2310 2230 2310 2230 2410 2230 2410 2170 2880 2170)) (connect D51:0 D51:3) (points 5 2920 2198 2920 2220 2860 2220 2860 2180 2880 2180)) (connect D68:1 D52:1) (points 6 2120 2150 2220 2150 2220 2500 2420 2500 2420 2570 2856 2570)) (connect D69:1 D52:2) (points 6 2120 2430 2140 2430 2140 2490 2430 2490 2430 2580 2856 2580)) (connect D70:1 D52:3) (points 4 2120 2670 2410 2670 2410 2590 2856 2590)) (connect D52:0 D52:4) (points 5 2900 2618 2900 2640 2840 2640 2840 2600 2856 2600)) (connect D39:1 D57:1) (points 4 129 1770 150 1770 150 1780 233 1780)) (connect D16:2 D57:2) (points 6 441 1390 460 1390 460 1420 210 1420 210 1790 233 1790)) (connect D15:2 D57:3) (points 4 -187 1070 -170 1070 -170 1800 233 1800)) (connect D17:1 D58:1) (points 4 385 1490 1340 1490 1340 2140 1683 2140)) (connect D21:1 D58:2) (points 4 1237 2080 1330 2080 1330 2160 1683 2160)) (connect D18:1 D59:0) (points 5 409 1600 610 1600 610 -50 880 -50 880 -22)) (connect D48:1 D59:1) (points 2 772 -10 856 -10)) (connect D24:1 D60:1) (points 4 1456 2420 1510 2420 1510 2470 1539 2470)) (connect D24:1 D61:1) (points 2 1456 2420 1535 2420)) (connect D27:0 D62:0) (points 2 1720 2445 1720 2625)) (connect D64:1 D62:1) (points 2 1625 2630 1660 2630)) (connect D63:1 D62:2) (points 4 1600 2670 1640 2670 1640 2650 1660 2650)) (connect D28:1 D63:1) (points 4 1456 2630 1510 2630 1510 2670 1539 2670)) (connect D28:1 D64:1) (points 2 1456 2630 1535 2630)) (connect D23:1 D65:1) (points 4 1756 2260 1880 2260 1880 2340 1906 2340)) (connect D68:0 D66:0) (points 2 2100 2160 2100 2250)) (connect D23:1 D66:1) (points 2 1756 2260 2079 2260)) (connect D65:2 D67:1) </pre>		

06 jul 00 9:49	ProgramaControleDMS.vee	Página 36/37
<pre> (points 6 1993 2350 2010 2350 2010 2380 1810 2380 1810 2720 1823 2720)) (connect D62:0 D67:2) (points 3 1720 2655 1720 2740 1823 2740)) (connect D65:1 D68:0) (points 5 1993 2330 2000 2330 2000 2120 2100 2120 2100 2139)) (connect D50:1 D68:1) (points 2 1914 2150 2080 2150)) (connect D66:0 D69:0) (points 2 2100 2269 2100 2419)) (connect D27:1 D69:1) (points 2 1779 2430 2080 2430)) (connect D69:0 D70:0) (points 2 2100 2440 2100 2659)) (connect D62:1 D70:1) (points 4 1779 2640 1800 2640 1800 2670 2080 2670)) (connect D1:0 D72:0) (points 2 370 250 370 365)) (connect D74:1 D72:1) (points 4 81 350 120 350 120 370 218 370)) (connect D73:1 D72:2) (points 4 79 410 100 410 100 390 218 390)) (connect D76:1 D75:1) (points 2 1491 580 1614 580)) (connect D78:1 D75:2) (points 4 1487 680 1510 680 1510 600 1614 600)) (connect D44:1 D77:1) (points 4 1044 200 1070 200 1070 350 1443 350)) (connect D84:1 D77:2) (points 4 1044 530 1070 530 1070 370 1443 370)) (connect D45:1 D78:1) (points 6 1044 280 1060 280 1060 360 1080 360 1080 670 1453 670)) (connect D83:1 D78:2) (points 4 1044 610 1070 610 1070 690 1453 690)) (connect D45:0 D79:0) (points 2 1030 290 1030 349)) (connect D80:1 D79:1) (points 4 956 360 972 360 972 360 1007 360)) (connect D83:0 D82:0) (points 2 1030 620 1030 679)) (connect D81:1 D82:1) (points 4 966 690 977 690 977 690 1007 690)) (connect D84:0 D83:0) (points 2 1030 540 1030 599)) (connect D79:0 D84:0) (points 2 1030 370 1030 519)) (connect D41:0 D86:0) (points 2 340 1935 340 2045)) (connect D88:1 D86:1) (points 4 81 2030 100 2030 100 2050 204 2050)) (connect D87:1 D86:2) (points 4 74 2090 90 2090 90 2070 204 2070)) (connect D77:1 D90:1) (points 2 1477 360 1610 360)) (connect D78:1 D91:1) (points 4 1487 680 1520 680 1520 700 1610 700)) (connect D97:0 D96:0) (points 2 370 1155 370 1245)) (connect D95:1 D96:1) (points 4 111 1230 130 1230 130 1250 234 1250)) (connect D94:1 D96:2) (points 4 104 1290 120 1290 120 1270 234 1270)) (connect D6:0 D97:0) (points 2 370 1040 370 1125)) (connect D99:1 D97:1) (points 4 111 1110 130 1110 130 1130 234 1130)) (connect D98:1 D97:2) (points 4 108 1170 130 1170 130 1150 234 1150)) (stackOrder 20 12 13 14 11 10 9 32 33 34 31 53 54 55 56 43 22 21 50 28 25 26 30 29 24 61 60 64 63 39 38 48 59 62 67 37 65 66 69 68 70 36 35 52 51 23 58 27 49) </pre>		

06 jul 00 9:49

ProgramaControleDMS.vee

Página 37/37

```
46 71 72 8 7 74 73 2 1 57 19 6 5 4 3 75 79 82 40 41 86 87 88 47 76 45 84 83 15
44 85 89 78 91 90 92 93 42 94 95 96 97 98 99 18 17 16 0 80 81 77))
(numberFormats
(realFormat fixed)
(realSigDigits 4)
(realRadixSpec 2)
(integerBase decimal))))
```

6.4 Programa para aquisição de espectros de impedância usando o HP4194A

Para usar esse programa digite a listagem em um arquivo no formato texto e salve com a extensão .vee. Assim será possível executá-lo e editá-lo.

07 jul 00 13:09	ProgramaEspectroHP4194A.vee	Página 1/10
<pre> (saveFormat "2.3") (date "Fri 28/Mar/1980 11:20:39 ") (veerev "4.01") (platform "PC") (execMode fast) (filterNAN 0) (workspaceStackingOrder M) (SaveCF no) (device 0 ROOTCONTEXT (properties (trigMode deg) (nextID 10) (popupTitleText "Untitled") (popupMoveable 1)) (deviceList (device 1 TEXTDISPLAY (interface (input 1 (name "Data")))) (device 2 TEXTDISPLAY (interface (input 1 (name "Data")))) (device 3 TEXTDISPLAY (interface (input 1 (name "Data")))) (device 4 TOFILE (properties (transactions 1 "WRITE TEXT a REAL STD EOL")) (interface (input 1 (name "A") (optional yes))) (implementation (attr iopath file write "C:\\arq\\dados.dat" (readTerm "\\n") (fs "\\r\\n") (eol "\\r\\n") (multiField dataOnly) (arrayFormat linear)))) (device 5 TORECORD (properties (outputType array)) (interface (input 1 (name "A") (requires (datatype Real) (shape "Array")) (optional yes)) (input 2 (name "B") (requires (datatype Real) (shape "Array")) (optional yes)) (input 3 (name "C") (requires (datatype Real) (shape "Array")) (optional yes)) (output 1 (name "Record")))) (device 8 TEXTDISPLAY (interface (input 1 (name "Data")))) </pre>		

07 jul 00 13:09	ProgramaEspectroHP4194A.vee	Página 2/10
<pre> (device 9 HPIDSTATE (properties (name "4194A (@ 717)")) (interface (output 1 (name "DISP_X") (tag "DISP_X") (optional yes)) (output 2 (name "DISP_A") (tag "DISP_A") (optional yes)) (output 3 (name "DISP_B") (tag "DISP_B") (optional yes))) (implementation (filename "hp4194a.cid") (driver "4194A") (state (idComp (name "STAT_SRQ_MASK") (typeStr "Int16") (state "Valid") (value 191)) (idComp (name "STAT_BYTE") (typeStr "Int16") (state "Invalid") (value 0)) (idComp (name "MEAS_FUNCTION_CLASS") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "IMP")) (idComp (name "MEAS_FUNCTION_IMP") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "Z_TH")) (idComp (name "MEAS_FUNCTION_GAIN_PHASE") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "TCH_RCH_DB_TH")) (idComp (name "MEAS_MON_IMP_UNITS") (typeStr "Text") (state "Valid") (value "")) (idComp (name "MEAS_MON_GP_UNITS") (typeStr "Text") (state "Valid") (value "")) (idComp (name "MEAS_MON_IMP") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "OFF")) (idComp (name "MEAS_MON_GAIN_PHASE") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "OFF")) (idComp (name "MEAS_INTEG_TIME") (typeStr "Enum") (state "Valid") </pre>		

07 jul 00 13:09

ProgramaEspectroHP4194A.vee

Página 3/10

```

(value "SHORT"))
(idComp
(name "MEAS_AVERAGE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "A1"))
(idComp
(name "MEAS_DELAY_TIME")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 0))
(idComp
(name "SWEEP_MODE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "SINGLE"))
(idComp
(name "MEAS_TRIG_SOURCE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "INTERNAL"))
(idComp
(name "MEAS_CABLE_LENGTH")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "ZERO_M"))
(idComp
(name "MEAS_PSPLIT_MODE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "DUAL"))
(idComp
(name "MEAS_REF_ATTEN")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "DB_0"))
(idComp
(name "MEAS_REF_IMP")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OHM_50"))
(idComp
(name "MEAS_TEST_ATTEN")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "DB_0"))
(idComp
(name "MEAS_TEST_IMP")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OHM_50"))
(idComp
(name "SWEEP_TYPE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "LINEAR"))
(idComp
(name "SWEEP_PARAMETER")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "FREQ"))
(idComp
(name "SWEEP_DIRECTION")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "UP"))
(idComp
(name "SWEEP_SPOT_FREQ")
(typeStr "Real")

```

07 jul 00 13:09

ProgramaEspectroHP4194A.vee

Página 4/10

```

(state "Valid")
(value 100000))
(idComp
(name "SWEEP_SPOT_BIAS")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 0))
(idComp
(name "SWEEP_OSC_MIN")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 0.01))
(idComp
(name "SWEEP_OSC_MAX")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 1))
(idComp
(name "SWEEP_OSC_RES")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 0.001))
(idComp
(name "SWEEP_OSC_UNITS")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "V"))
(idComp
(name "SWEEP_OSC_VALID")
(typeStr "Int16")
(state "Valid")
(value 1))
(idComp
(name "SWEEP_SPOT_OSC")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 0.5))
(idComp
(name "SWEEP_PROG_TABLE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OFF"))
(idComp
(name "SWEEP_TABLE_NUMBER")
(typeStr "Int16")
(state "Valid")
(value 1))
(idComp
(name "SWEEP_NOP")
(typeStr "Int16")
(state "Valid")
(value 401))
(idComp
(name "SWEEP_DELAY_APERTURE")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 0.5))
(idComp
(name "SWEEP_PMIN")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 100))
(idComp
(name "SWEEP_PMAX")
(typeStr "Real")
(state "Valid")
(value 40000000))
(idComp
(name "SWEEP_PRES")

```


[illegible][illegible]

07 jul 00 13:09	ProgramaEspectroHP4194A.vee	Página 7/10
<pre> (value 40000000) (idComp (name "DISP_AMIN") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_AMAX") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_ADIV") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_BMIN") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_BMAX") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_BDIV") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_SELECT") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "O_MRKR")) (idComp (name "DISP_MRKR_ACTIVE_SHOW") (typeStr "Text") (state "Valid") (value "o MKR")) (idComp (name "DISP_MRKR_O_A") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_O_B") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_S_A") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_S_B") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_OVAL") (typeStr "Real") (state "Invalid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_SVAL") (typeStr "Real") </pre>		

07 jul 00 13:09	ProgramaEspectroHP4194A.vee	Página 8/10
<pre> (state "Invalid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_AVAL") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_BVAL") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_DELTA_VAL") (typeStr "Real") (state "Valid") (value 0)) (idComp (name "DISP_MRKR_O_STATE") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "ON")) (idComp (name "DISP_MRKR_S_STATE") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "OFF")) (idComp (name "DISP_MRKR_O_SET") (typeStr "Enum") (state "Dontcare") (value "MAXA")) (idComp (name "DISP_MRKR_PART_SWP") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "OFF")) (idComp (name "DISP_MRKR_PART_ANA") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "OFF")) (idComp (name "DISP_MODE") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "X_AB")) (idComp (name "NOP") (typeStr "Int16") (state "Valid") (value 401)) (idComp (name "PP_TABLE_NOP") (typeStr "Int16") (state "Invalid") (value 0)) (idComp (name "PP_LIMIT") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "A")) (idComp (name "PP_SWEEP_PARM") (typeStr "Enum") (state "Valid") (value "FREQ")) (idComp (name "CMP_IMP_OPEN_CAL_STATE") </pre>		

07 jul 00 13:09

ProgramaEspectroHP4194A.vee

Página 9/10

```

(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OFF"))
(idComp
(name "CMP_IMP_SHORT_CAL_STATE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OFF"))
(idComp
(name "CMP_IMP_STD_CAL_STATE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OFF"))
(idComp
(name "CMP_IMP_MODE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "INTERPOLATION"))
(idComp
(name "CMP_PHASE_SCALE_MODE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "NORMAL"))
(idComp
(name "CMP_GP_A_STATE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OFF"))
(idComp
(name "CMP_GP_B_STATE")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "OFF"))
(idComp
(name "EQC_SELECT")
(typeStr "Enum")
(state "Valid")
(value "A"))))
(configuration
(connect D6:1 D0:1)
(connect D6:2 D1:1)
(connect D6:3 D2:1)
(connect D4:1 D3:1)
(connect D6:1 D4:1)
(connect D6:2 D4:2)
(connect D6:3 D4:3)
(connect D4:1 D5:1))
(contextCarrier
(wndRestoredOrigin 2 2)
(wndRestoredExtent 492 348)
(wndState max)
(active detail)
(detail
(extent 636 341)
(anchorPt 25 -50)
(configuration
(devCarrierFor 1
(active open)
(icon)
(open
(extent 127 107))
(pinCenter 90 380))
(devCarrierFor 2
(active open)
(icon)
(open
(extent 127 107))
(pinCenter 250 380))
(devCarrierFor 3

```

07 jul 00 13:09

ProgramaEspectroHP4194A.vee

Página 10/10

```

(active open)
(icon)
(open
(extent 127 107))
(pinCenter 400 380))
(devCarrierFor 4
(active icon)
(icon
(extent 48 16))
(open
(extent 256 133))
(terminals on)
(pinCenter 560 260))
(devCarrierFor 5
(active icon)
(icon
(extent 89 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 113 62))
(terminals on)
(pinCenter 500 140))
(devCarrierFor 8
(active icon)
(icon
(extent 95 16))
(open
(extent 286 30))
(pinCenter 430 220))
(devCarrierFor 9
(active icon)
(icon
(extent 111 52)
(iconImage "inst.icn"))
(open
(extent 428 213)
(visiblePanels 11 "HP4194" "MAIN" "RESET" "PMAIN" "FUNCTION_IMP" "MON_IMP"
"CMP_IMP" "SWEEP1" "DISP_GRAPH_X_AB" "DISP_X_AB" "PP_POINT"))
(terminals on)
(pinCenter 140 120))
(connect D6:1 D0:1
(points 6 198 110 220 110 220 70 0 70 0 380 24 380))
(connect D6:2 D1:1
(points 6 198 120 210 120 210 170 170 170 170 380 184 380))
(connect D6:3 D2:1
(points 6 198 130 220 130 220 150 310 150 310 380 334 380))
(connect D4:1 D3:1
(points 6 547 140 570 140 570 190 510 190 510 260 533 260))
(connect D6:1 D4:1
(points 4 198 110 220 110 220 130 453 130))
(connect D6:2 D4:2
(points 4 198 120 210 120 210 140 453 140))
(connect D6:3 D4:3
(points 4 198 130 220 130 220 150 453 150))
(connect D4:1 D5:1
(points 6 547 140 570 140 570 190 360 190 360 220 380 220)))
(stackingOrder 1 0 4 2 5 3 6))
(numberFormats
(realFormat standard)
(realSigDigits 4)
(realRadixSpec 4)
(integerBase decimal))))

```

6.5 Programa para aquisição contínua de espectros de impedância usando o HP4194A

Para usar esse programa digite a listagem em um arquivo no formato texto e salve com a extensão .vee. Assim será possível executá-lo e editá-lo.

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 1/33

```

(saveFormat "2.3")
(date "Fri 04/Jan/1980 18:48:46 ")
(veerev "4.01")
(platform "PC")
(execMode fast)
(filterNAN 0)
(workspaceStackingOrder M)
(SaveCF no)
(device 0 ROOTCONTEXT
(properties
(trigMode deg)
(nextID 143)
(popupTitleText "espec")
(popupMoveable 1))
(deviceList
(device 2 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_MODE")
(tag "DISP_MODE")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 6 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "SWEEP_NOP")
(tag "SWEEP_NOP")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 7 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "SWEEP_MODE")
(tag "SWEEP_MODE")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 8 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_MRKR_SELECT")
(tag "DISP_MRKR_SELECT")
(requires
(datatype Int16)

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 2/33

```

(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 9 NOTE
(properties
(name "DISP_MRKR_SELECT")
(text2 4 "0 - Marker/Lcursor off" "1 - o-marker on" "2 - *-marker on"
"3 - Lcursor on")))
(device 13 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))))
(device 14 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))))
(device 15 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 401))
(initValue Int32
(data 0))))))
(device 16 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))))
(device 17 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_GET")
(tag "DISP_GET")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 3/33

```

(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 18 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "MEAS_SWEEP_TRIGGER")
(tag "MEAS_SWEEP_TRIGGER")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 21 REPEATUNTILBREAK
(interface
(output 1
(name "Continuous")
(lock name constraints))))
(device 22 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_MRKR_O_SET")
(tag "DISP_MRKR_O_SET")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes))
(output 1
(name "DISP_MRKR_OVAL")
(tag "DISP_MRKR_OVAL")
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 24 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 28 TOGLOBAL
(properties
(globalName "fmin"))
(interface
(input 1
(name "Data")
(tag "Data"))))
(device 29 DECLVAR
(properties
(scope glob)
(globalName "fmin"))
(implementation
(value Real

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 4/33

```

(data 0))))
(device 30 DECLVAR
(properties
(scope glob)
(globalName "fmax"))
(implementation
(value Real
(data 0))))
(device 37 TOGLOBAL
(properties
(globalName "fmax"))
(interface
(input 1
(name "Data")
(tag "Data"))))
(device 38 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_MRKR_O_SET")
(tag "DISP_MRKR_O_SET")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes))
(output 1
(name "DISP_MRKR_OVAL")
(tag "DISP_MRKR_OVAL")
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 39 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 40 FILESELECT
(properties
(name "File Name Selection")
(prompt "Entre com o nome do arquivo:")
(initialDirectory "C:\\Arq\\Carlos")
(initialFile "lixo")
(dialogMode Writing))
(interface
(output 1
(name "File Name")
(lock name constraints))
(output 2
(name "Cancel")
(lock name constraints)))
(implementation)
(device 41 BREAK)
(device 42 FROMGLOBAL
(properties
(globalName "fmin"))
(interface
(output 1
(name "Data")
(tag "Data")

```


07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 5/33

```

(lock name constraints)))
(device 43 FROMGLOBAL
(properties
(globalName "fmax"))
(interface
(output 1
(name "Data")
(tag "Data")
(lock name constraints))))
(device 44 FORMULA
(properties
(expr 1 "A+B"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 45 FORMULA
(properties
(expr 1 "A-B"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 46 FORMULA
(properties
(expr 1 "(B-A)*2"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 47 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "SWEEP_START")
(tag "SWEEP_START")
(requires
(datatype Real)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 6/33

```

(device 48 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "SWEEP_STOP")
(tag "SWEEP_STOP")
(requires
(datatype Real)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 50 NOTE
(properties
(name "DISP_MRKR_O_SET")
(text2 4 "0 - o-marker to max point of data A"
"1 - o-marker to min point of data A" "2 - o-marker to max point of data B"
"3 - o-marker to min point of data B"))
(device 53 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 54 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 55 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "SWEEP_START")
(tag "SWEEP_START")
(requires
(datatype Real)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 59 CONSTANT
(properties
(name "Real"))
(interface
(output 1
(name "Real")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Real

```


07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 7/33

```

(data 3602207))
(initValue Real
(data 0)))
(device 60 CONSTANT
(properties
(name "Real"))
(interface
(output 1
(name "Real")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Real
(data 3603556))
(initValue Real
(data 0)))
(device 61 TORECORD
(properties
(outputType array))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(input 3
(name "C")
(optional yes))
(output 1
(name "Record"))))
(device 62 TOFILE
(properties
(transactions 1 "WRITE TEXT a EOL"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(type control)
(name "File Name")
(requires
(datatype Text)
(shape "Scalar"))
(lock name constraints)
(optional yes)))
(implementation
(attr iopath file write
"C:\\Arq\\Carlos\\Dados\\2k0203\\dmdcs\\dms35oc\\dmdcs68.dat"
(readTerm "\\n")
(fs "\\r\\n")
(eol "\\r\\n")
(multiField dataOnly)
(arrayFormat linear))))
(device 63 DECLVAR
(properties
(scope glob)
(globalName "numarq"))
(implementation
(value Int32
(data 0)))
(device 64 FROMGLOBAL
(properties
(globalName "numarq"))
(interface
(output 1
(name "Data")
(tag "Data")
(lock name constraints)))
(device 65 FORMULA

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 8/33

```

(properties
(expr 1 "A+B+\\.dat\\"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(device 66 TOGLOBAL
(properties
(globalName "numarq"))
(interface
(input 1
(name "Data")
(tag "Data"))))
(device 67 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0)))
(device 68 TEXTDISPLAY
(properties
(name "fmin"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 69 TEXTDISPLAY
(properties
(name "fmax"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 70 TEXTDISPLAY
(properties
(name "fmin-deltaf"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 71 TEXTDISPLAY
(properties
(name "fmax+deltaf"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 72 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0)))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 9/33

```

(device 74 TEXTDISPLAY
(properties
(name "ciclo"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 75 TEXTDISPLAY
(properties
(name "nome do arquivo"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 76 CONFIRM25
(interface
(output 1
(name "Go"))
(lock name constraints)))
(implementation))
(device 77 GATE
(interface
(input 1
(name "A"))
(tag "InData"))
(output 1
(name "X"))))
(device 78 BREAK)
(device 79 TEXTDISPLAY
(properties
(name "deltaf"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 81 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "SWEEP_STOP"))
(tag "SWEEP_STOP"))
(requires
(datatype Real)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A")))
(device 83 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(output 1
(name "DISP_X"))
(tag "DISP_X"))
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A")))
(device 84 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(output 1
(name "DISP_A"))
(tag "DISP_A"))
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A")))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 10/33

```

(device 85 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(output 1
(name "DISP_B"))
(tag "DISP_B"))
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A")))
(device 87 FORMULA
(properties
(expr 1 "A+1"))
(interface
(input 1
(name "A"))
(optional yes))
(output 1
(name "Result"))
(tag "Result"))
(lock name constraints)
(optional yes)))
(device 88 FROMGLOBAL
(properties
(globalName "numarq"))
(interface
(output 1
(name "Data"))
(tag "Data"))
(lock name constraints)))
(device 89 TOGLOBAL
(properties
(globalName "numarq"))
(interface
(input 1
(name "Data"))
(tag "Data"))))
(device 92 NOTE
(properties
(name "SWEEP_MODE"))
(text2 2 "0 - Single" "1 - Repeat")))
(device 93 NOTE
(properties
(name "DISP_MODE"))
(text2 3 "0 - X-A&B" "1 - A-B" "2 - Table")))
(device 94 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "MEAS_INTEG_TIME"))
(tag "MEAS_INTEG_TIME"))
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A")))
(device 95 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32"))
(lock name constraints)))
(implementation

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 11/33

```

(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0)))
(device 96 NOTE
(properties
(name "MEAS_INTEG_TIME")
(text2 3 "0 - Short" "1 - Medium" "2 - Long")))
(device 101 XYPLOT
(interface
(input 1
(name "XData")
(lock constraints))
(input 2
(name "YData1")
(lock constraints))
(input 3
(type control)
(name "Auto Scale")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(implementation
(tracePin 2)
(graphMode rectangular)))
(device 102 XYPLOT
(interface
(input 1
(name "XData")
(lock constraints))
(input 2
(name "YData1")
(lock constraints))
(input 3
(type control)
(name "Auto Scale")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(implementation
(tracePin 2)
(graphMode rectangular)))
(device 104 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "MEAS_TRIG_SOURCE")
(tag "MEAS_TRIG_SOURCE")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar")
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 105 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 106 HPIDINCR
(properties

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 12/33

```

(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "MEAS_TRIG_SOURCE")
(tag "MEAS_TRIG_SOURCE")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar")
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 107 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 108 HPIDINCR
(properties
(name "4194a ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "MEAS_TRIG_SOURCE")
(tag "MEAS_TRIG_SOURCE")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar")
(lock constraints)
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 109 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 112 TOFILE
(properties
(transactions 1
"WRITE TEXT A, \", \", B, \", \", C, \", \", D, \", \", E, \", \", F, \", \", G
EOL"
))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(input 3
(name "C")
(optional yes))
(input 4

```


07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 13/33

```

(name "D")
(optional yes))
(input 5
(name "E")
(optional yes))
(input 6
(name "F")
(optional yes))
(input 7
(name "G")
(optional yes))
(input 8
(type control)
(name "File Name")
(requires
(datatype Text)
(shape "Scalar"))
(lock name constraints)
(optional yes)))
(implementation
(attr iopath file write
"C:\\Arq\\Carlos\\Dados\\2k0203\\dmdcs\\dms35oc\\dmdcs.DAT"
(readTerm "\\n")
(fs "\\r\\n")
(eol "\\r\\n")
(multiField fullSyntax)
(arrayFormat block))))
(device 113 FORMULA
(properties
(expr 1 "A+\".DAT\\\""))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 114 TEXTDISPLAY
(properties
(name "tempo/min"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 115 FORMULA
(properties
(expr 1 "A/60"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 116 TIMER
(interface
(input 1
(name "Time1")
(lock name constraints))
(input 2
(name "Time2")
(lock name constraints))
(output 1
(name "T2 - T1")
(tag "dTime")
(lock name constraints))))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 14/33

```

(device 117 DELAY
(properties
(delay 7.4987))
(interface
(input 1
(name "Delay")
(tag "Delay")
(requires
(datatype Real)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes)
(buffer YES))
(output 1
(name "Done"))))
(device 118 FORMULA
(properties
(expr 1 "A*B"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(name "B")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 119 CONSTANT
(properties
(name "Real"))
(interface
(output 1
(name "Real")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Real
(data 0.0187))
(initValue Real
(data 0))))
(device 120 NOTE
(properties
(text2 3 "Short 5 ms/ponto" "Medium 18,7 ms/ponto" "Long 312 ms/ponto")))
(device 121 DO
(interface
(output 1
(name "Do"))))
(device 122 DO
(interface
(output 1
(name "Do"))))
(device 132 TEXTDISPLAY
(properties
(name "Fasemax"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 133 TEXTDISPLAY
(properties
(name "Zmin"))
(interface
(input 1
(name "Data"))))
(device 134 TEXTDISPLAY
(properties
(name "Zmax"))
(interface

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 15/33

```

(input 1
(name "Data"))))
(device 135 HPIDINCR
(properties
(name "4194A ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_MRKR_O_SET")
(tag "DISP_MRKR_O_SET")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes))
(output 1
(name "DISP_MRKR_O_A")
(tag "DISP_MRKR_O_A")
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 136 HPIDINCR
(properties
(name "4194A ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_MRKR_O_SET")
(tag "DISP_MRKR_O_SET")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes))
(output 1
(name "DISP_MRKR_O_A")
(tag "DISP_MRKR_O_A")
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 137 HPIDINCR
(properties
(name "4194A ( @ 717)"))
(interface
(input 1
(name "DISP_MRKR_O_SET")
(tag "DISP_MRKR_O_SET")
(requires
(datatype Int16)
(shape "Scalar"))
(lock constraints)
(optional yes))
(output 1
(name "DISP_MRKR_O_B")
(tag "DISP_MRKR_O_B")
(optional yes)))
(implementation
(filename "hp4194a.cid")
(driver "4194A"))))
(device 138 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 2))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 16/33

```

(initValue Int32
(data 0)))
(device 139 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 1))
(initValue Int32
(data 0)))
(device 140 CONSTANT
(properties
(name "Integer"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 0))
(initValue Int32
(data 0)))
(device 141 COUNTER
(interface
(input 1
(name "Data"))
(output 1
(name "Count"))))
(configuration
(connect D62:0 D0:0)
(connect D5:1 D0:1)
(connect D3:0 D1:0)
(connect D7:1 D1:1)
(connect D1:0 D2:0)
(connect D8:1 D2:1)
(connect D0:0 D3:0)
(connect D6:1 D3:1)
(connect D71:0 D9:0)
(connect D30:1 D9:1)
(connect D11:1 D10:0)
(connect D31:1 D10:1)
(connect D82:0 D11:0)
(connect D13:1 D12:1)
(connect D69:0 D13:0)
(connect D12:1 D14:1)
(connect D18:1 D17:1)
(connect D19:1 D18:1)
(connect D13:0 D19:0)
(connect D41:0 D20:0)
(connect D20:2 D21:0)
(connect D90:0 D22:0)
(connect D22:0 D23:0)
(connect D23:1 D24:1)
(connect D26:1 D24:2)
(connect D22:1 D25:1)
(connect D26:1 D25:2)
(connect D22:1 D26:1)
(connect D23:1 D26:2)
(connect D25:1 D27:1)
(connect D24:1 D28:1)
(connect D2:0 D32:0)
(connect D33:1 D32:1)
(connect D54:1 D35:1)
(connect D55:1 D35:2)
(connect D56:1 D35:3)

```


07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 17/33

```

(connect D38:0 D36:0)
(connect D35:1 D36:1)
(connect D39:1 D36:2)
(connect D56:0 D38:0)
(connect D20:1 D39:1)
(connect D38:1 D39:2)
(connect D41:1 D40:1)
(connect D22:1 D42:1)
(connect D23:1 D43:1)
(connect D25:1 D44:1)
(connect D24:1 D45:1)
(connect D93:1 D47:1)
(connect D39:1 D48:1)
(connect D83:0 D50:0)
(connect D49:1 D50:1)
(connect D50:1 D51:0)
(connect D26:1 D52:1)
(connect D32:0 D53:0)
(connect D34:1 D53:1)
(connect D23:0 D54:0)
(connect D54:0 D55:0)
(connect D55:0 D56:0)
(connect D58:1 D57:1)
(connect D93:0 D58:0)
(connect D57:1 D59:1)
(connect D67:0 D62:0)
(connect D63:1 D62:1)
(connect D54:1 D65:1)
(connect D55:1 D65:2)
(connect D65:0 D65:3)
(connect D54:1 D66:1)
(connect D56:1 D66:2)
(connect D66:0 D66:3)
(connect D20:0 D67:0)
(connect D68:1 D67:1)
(connect D78:0 D69:0)
(connect D70:1 D69:1)
(connect D10:0 D71:0)
(connect D72:1 D71:1)
(connect D76:1 D73:1)
(connect D12:1 D73:2)
(connect D18:1 D73:3)
(connect D87:1 D73:4)
(connect D88:1 D73:5)
(connect D89:1 D73:6)
(connect D39:1 D73:7)
(connect D74:1 D73:8)
(connect D20:1 D74:1)
(connect D76:1 D75:1)
(connect D77:1 D76:1)
(connect D82:1 D77:1)
(connect D83:1 D77:2)
(connect D9:0 D78:0)
(connect D79:1 D78:1)
(connect D7:1 D79:1)
(connect D80:1 D79:2)
(connect D53:0 D82:0)
(connect D58:0 D83:0)
(connect D89:1 D84:1)
(connect D88:1 D85:1)
(connect D87:1 D86:1)
(connect D92:1 D87:1)
(connect D91:1 D88:1)
(connect D90:1 D89:1)
(connect D91:0 D90:0)
(connect D92:0 D91:0)
(connect D19:0 D92:0)
(connect D36:0 D93:0)
(connect D46:1 D93:1)

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 18/33

```

(ShowOnExecPanel))
(contextCarrier
(wndOrigin 2 2)
(wndState res)
(active panel)
(panel
(extent 455 319)
(widget 42 detail
(relativeOrigin 10 10)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 131 28))
(widget 43 detail
(relativeOrigin 160 10)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 131 28))
(widget 44 detail
(relativeOrigin 10 70)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 131 28))
(widget 45 detail
(relativeOrigin 160 70)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 131 28))
(widget 65 detail
(relativeOrigin 310 10)
(title off)
(borderStyle flat)
(extent 121 105)
(displayMode graphOnly)
(graphType cartesian)
(gridType grid)
(scale 0
(name "Y name")
(domainName "X name")
(pen 9)
(show 1)
(range 1153.218017578125 102596.296875 4 log))
(domain 3603600 3604700 4 linear)
(trace 0 onScale 0
(name "YData1")
(pen 4)
(lineType 1)
(pointType 0)))
(widget 85 detail
(relativeOrigin 10 130)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 131 28))
(widget 86 detail
(relativeOrigin 160 130)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 131 28))
(widget 49 detail
(relativeOrigin 230 190)
(title off)
(borderStyle none)
(extent 60 50))
(widget 47 detail
(relativeOrigin 140 190)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 76 28))
(widget 75 detail
(relativeOrigin 10 190)

```


07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 19/33

```

(title on)
(borderStyle flat)
(extent 116 28))
(widget 84 detail
(relativeOrigin 10 250)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 116 28))
(widget 48 detail
(relativeOrigin 140 250)
(title on)
(borderStyle flat)
(extent 286 28)
(scFont "Arial" 12))
(widget 66 detail
(relativeOrigin 310 130)
(title off)
(borderStyle flat)
(extent 121 105)
(displayMode graphOnly)
(graphType cartesian)
(gridType grid)
(scale 0
(name "Y name")
(domainName "X name")
(pen 9)
(show 1)
(range -100 80 4 linear))
(domain 3603600 3604700 4 linear)
(trace 0 onScale 0
(name "YData1")
(pen 4)
(lineType 1)
(pointType 0)))
(detail
(extent 600 401)
(anchorPt 89 274)
(configuration
(devCarrierFor 2
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 440 -490))
(devCarrierFor 6
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 440 -300))
(devCarrierFor 7
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 445 -200))
(devCarrierFor 8
(active open)
(icon
(extent 110 52)

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 20/33

```

(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 99 30))
(terminals on)
(pinCenter 459 -390))
(devCarrierFor 9
(active open)
(icon
(extent 155 0)
(iconImage "notepad.icn"))
(open
(extent 225 94)
(editing enabled))
(pinCenter 0 -360))
(devCarrierFor 13
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 200 -490))
(devCarrierFor 14
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 170 -390))
(devCarrierFor 15
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 190 -300))
(devCarrierFor 16
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 180 -200))
(devCarrierFor 17
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 655 360))
(devCarrierFor 18
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 121 20))
(terminals on)
(pinCenter 690 200))
(devCarrierFor 21
(active icon)
(icon
(extent 74 52)
(iconImage "loop.icn"))
(open)
(terminals on)
(pinCenter 410 100))
(devCarrierFor 22

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 21/33

```

(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 87 30))
(terminals on)
(pinCenter 925 630))
(devCarrierFor 24
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 630 630))
(devCarrierFor 28
(active open)
(icon)
(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 1255 630))
(devCarrierFor 29
(active open)
(icon)
(open
(extent 215 107))
(pinCenter 1080 -620))
(devCarrierFor 30
(active open)
(icon)
(open
(extent 215 107))
(pinCenter 1320 -620))
(devCarrierFor 37
(active open)
(icon)
(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 1255 720))
(devCarrierFor 38
(active open)
(icon)
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 87 30))
(terminals on)
(pinCenter 925 720))
(devCarrierFor 39
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 630 720))
(devCarrierFor 40
(active open)
(icon)
(open
(extent 385 110))
(terminals on)
(pinCenter 390 -850))
(devCarrierFor 41
(active icon)
(icon)
(extent 41 16))
(open)

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 22/33

```

(terminals on)
(pinCenter 750 -760))
(devCarrierFor 42
(active open)
(icon)
(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 625 1220))
(devCarrierFor 43
(active open)
(icon)
(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 625 1340))
(devCarrierFor 44
(active open)
(icon)
(open
(extent 72 42))
(terminals on)
(pinCenter 1070 1370))
(devCarrierFor 45
(active open)
(icon)
(open
(extent 72 42))
(terminals on)
(pinCenter 1070 1210))
(devCarrierFor 46
(active open)
(icon)
(open
(extent 92 42))
(terminals on)
(pinCenter 870 1270))
(devCarrierFor 47
(active open)
(icon)
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 1380 1210))
(devCarrierFor 48
(active open)
(icon)
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 1375 1370))
(devCarrierFor 50
(active open)
(icon)
(extent 146 0)
(iconImage "notepad.icn"))
(open
(extent 317 88)
(editing enabled))
(pinCenter 390 660))
(devCarrierFor 53
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 23/33

```

(showFormat int))
(pinCenter 420 360))
(devCarrierFor 54
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 390 200))
(devCarrierFor 55
(active open)
(icon)
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 450 -110))
(devCarrierFor 59
(active open)
(icon)
(open
(extent 131 29)
(showFormat real))
(pinCenter 150 -110))
(devCarrierFor 60
(active open)
(icon)
(open
(extent 131 29)
(showFormat real))
(pinCenter 150 -10))
(devCarrierFor 61
(active open)
(icon)
(extent 89 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 113 62))
(terminals on)
(pinCenter 955 1600))
(devCarrierFor 62
(active open)
(icon)
(open
(extent 256 133))
(terminals on)
(pinCenter 650 2090))
(devCarrierFor 63
(active open)
(icon)
(open
(extent 215 107))
(pinCenter 1080 -440))
(devCarrierFor 64
(active open)
(icon)
(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 625 1880))
(devCarrierFor 65
(active open)
(icon)
(open
(extent 102 42))
(terminals on)
(pinCenter 900 1870))
(devCarrierFor 66

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 24/33

```

(active open)
(icon)
(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 605 -1010))
(devCarrierFor 67
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 410 -1010))
(devCarrierFor 68
(active open)
(icon)
(extent 30 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 830 1160))
(devCarrierFor 69
(active open)
(icon)
(extent 33 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 820 1410))
(devCarrierFor 70
(active open)
(icon)
(extent 72 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 1290 1150))
(devCarrierFor 71
(active open)
(icon)
(extent 79 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 1300 1430))
(devCarrierFor 72
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 450 2270))
(devCarrierFor 74
(active open)
(icon)
(extent 32 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 830 2270))
(devCarrierFor 75
(active open)
(icon)
(extent 116 0))
(open
(extent 438 29))
(pinCenter 1060 2030))
(devCarrierFor 76
(active open)
(icon)
(open
(extent 47 22))
(title off)
(pinCenter 530 2620))

```


07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 25/33

```

(devCarrierFor 77
(active icon)
(icon
(extent 35 16))
(open
(extent 12 30))
(terminals on)
(pinCenter 630 2620))
(devCarrierFor 78
(active icon)
(icon
(extent 41 16))
(open
(extent 17 30))
(terminals on)
(pinCenter 710 2670))
(devCarrierFor 79
(active open)
(icon
(extent 39 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 1070 1290))
(devCarrierFor 81
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 445 -10))
(devCarrierFor 83
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 615 1500))
(devCarrierFor 84
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 615 1600))
(devCarrierFor 85
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 86 30))
(terminals on)
(pinCenter 615 1710))
(devCarrierFor 87
(active open)
(icon)
(open
(extent 72 32))
(terminals on)
(pinCenter 840 2390))
(devCarrierFor 88
(active open)
(icon)

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 26/33

```

(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 625 2390))
(devCarrierFor 89
(active open)
(icon)
(open
(extent 81 53))
(terminals on)
(pinCenter 1075 2390))
(devCarrierFor 92
(active open)
(icon
(extent 107 0)
(iconImage "notepad.icn"))
(open
(extent 153 57)
(editing enabled))
(pinCenter 50 -190))
(devCarrierFor 93
(active open)
(icon
(extent 88 0)
(iconImage "notepad.icn"))
(open
(extent 124 69)
(editing enabled))
(pinCenter 70 -480))
(devCarrierFor 94
(active open)
(icon
(extent 111 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 89 20))
(terminals on)
(pinCenter 454 -610))
(devCarrierFor 95
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 180 -610))
(devCarrierFor 96
(active open)
(icon
(extent 139 0)
(iconImage "notepad.icn"))
(open
(extent 189 75)
(editing enabled))
(pinCenter 20 -600))
(devCarrierFor 101
(active open)
(icon
(iconImage "display.icn"))
(open
(extent 121 105)
(displayMode graphOnly)
(graphType cartesian)
(gridType grid)
(scale 0
(name "Y name")
(domainName "X name")
(pen 9)
(show 1)
(range 1153.218017578125 102596.296875 4 log))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 27/33

```

(domain 3603600 3604700 4 linear)
(trace 0 onScale 0
(name "YData1")
(pen 4)
(lineType 1)
(pointType 0)))
(title off)
(pinCenter 1240 1600))
(devCarrierFor 102
(active open)
(icon
(iconImage "display.icn")))
(open
(extent 121 105)
(displayMode graphOnly)
(graphType cartesian)
(gridType grid)
(scale 0
(name "Y name")
(domainName "X name")
(pen 9)
(show 1)
(range -100 80 4 linear))
(domain 3603600 3604700 4 linear)
(trace 0 onScale 0
(name "YData1")
(pen 4)
(lineType 1)
(pointType 0)))
(title off)
(pinCenter 1240 1760))
(devCarrierFor 104
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn")))
(open
(extent 108 22))
(terminals on)
(pinCenter 464 -700))
(devCarrierFor 105
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 170 -700))
(devCarrierFor 106
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn")))
(open
(extent 108 22))
(terminals on)
(pinCenter 684 540))
(devCarrierFor 107
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 390 540))
(devCarrierFor 108
(active open)
(icon
(extent 110 52)
(iconImage "io.icn")))
(open

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 28/33

```

(extent 108 22))
(terminals on)
(pinCenter 684 290))
(devCarrierFor 109
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 390 290))
(devCarrierFor 112
(active open)
(icon)
(open
(extent 256 162))
(terminals on)
(pinCenter 2120 980))
(devCarrierFor 113
(active open)
(icon)
(open
(extent 136 32))
(terminals on)
(pinCenter 1740 1150))
(devCarrierFor 114
(active open)
(icon
(extent 71 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 1980 770))
(devCarrierFor 115
(active open)
(icon)
(open
(extent 72 32))
(terminals on)
(pinCenter 1750 770))
(devCarrierFor 116
(active open)
(icon
(iconImage "timer.icn")))
(open
(extent 76 32))
(pinCenter 1590 770))
(devCarrierFor 117
(active open)
(icon)
(open
(extent 76 32))
(pinCenter 630 450))
(devCarrierFor 118
(active open)
(icon)
(open
(extent 72 42))
(terminals on)
(pinCenter 140 450))
(devCarrierFor 119
(active open)
(icon)
(open
(extent 69 30)
(showFormat real))
(pinCenter -70 490))
(devCarrierFor 120
(active open)
(icon
(iconImage "notepad.icn")))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 29/33

```

(open
(extent 186 85)
(editing enabled))
(pinCenter -220 520))
(devCarrierFor 121
(active icon)
(icon
(extent 24 16))
(open)
(terminals on)
(pinCenter 410 40))
(devCarrierFor 122
(active icon)
(icon
(extent 24 16))
(open)
(terminals on)
(pinCenter 630 2480))
(devCarrierFor 132
(active open)
(icon
(extent 62 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 1360 1040))
(devCarrierFor 133
(active open)
(icon
(extent 34 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 1360 940))
(devCarrierFor 134
(active open)
(icon
(extent 37 0))
(open
(extent 131 28))
(pinCenter 1360 840))
(devCarrierFor 135
(active open)
(icon
(extent 163 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 139 30))
(terminals on)
(pinCenter 990 840))
(devCarrierFor 136
(active open)
(icon
(extent 163 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 139 30))
(terminals on)
(pinCenter 990 940))
(devCarrierFor 137
(active open)
(icon
(extent 163 52)
(iconImage "io.icn"))
(open
(extent 139 30))
(terminals on)
(pinCenter 990 1040))
(devCarrierFor 138
(active open)
(icon)

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 30/33

```

(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 630 1040))
(devCarrierFor 139
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 630 940))
(devCarrierFor 140
(active open)
(icon)
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter 630 840))
(devCarrierFor 141
(active open)
(icon)
(open
(extent 92 32))
(pinCenter 630 2270))
(connect D62:0 D0:0
(points 2 410 -598 410 -526))
(connect D5:1 D0:1
(points 2 244 -490 304 -490))
(connect D3:0 D1:0
(points 2 410 -373 410 -336))
(connect D7:1 D1:1
(points 2 234 -300 304 -300))
(connect D1:0 D2:0
(points 2 410 -283 410 -236))
(connect D8:1 D2:1
(points 2 224 -200 299 -200))
(connect D0:0 D3:0
(points 2 410 -473 410 -426))
(connect D6:1 D3:1
(points 2 214 -390 278 -390))
(connect D71:0 D9:0
(points 2 630 303 630 324))
(connect D30:1 D9:1
(points 2 464 360 529 360))
(connect D11:1 D10:0
(points 3 449 100 630 100 630 169))
(connect D31:1 D10:1
(points 2 434 200 476 200))
(connect D82:0 D11:0
(points 2 410 50 410 71))
(connect D13:1 D12:1
(points 2 674 630 739 630))
(connect D69:0 D13:0
(points 2 630 553 630 594))
(connect D12:1 D14:1
(points 2 1101 630 1172 630))
(connect D18:1 D17:1
(points 2 1101 720 1172 720))
(connect D19:1 D18:1
(points 2 674 720 739 720))
(connect D13:0 D19:0
(points 2 630 647 630 684))
(connect D41:0 D20:0
(points 2 410 -993 410 -926))
(connect D20:2 D21:0
(points 3 655 -820 750 -820 750 -771))
(connect D90:0 D22:0
(points 2 630 1057 630 1173))
(connect D22:0 D23:0

```


07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 31/33

```

(points 2 630 1249 630 1293))
(connect D23:1 D24:1)
(points 4 708 1340 750 1340 750 1360 1001 1360))
(connect D26:1 D24:2)
(points 4 968 1270 980 1270 980 1380 1001 1380))
(connect D22:1 D25:1)
(points 4 708 1220 740 1220 740 1200 1001 1200))
(connect D26:1 D25:2)
(points 4 968 1270 980 1270 980 1220 1001 1220))
(connect D22:1 D26:1)
(points 4 708 1220 730 1220 730 1260 791 1260))
(connect D23:1 D26:2)
(points 4 708 1340 730 1340 730 1280 791 1280))
(connect D25:1 D27:1)
(points 2 1158 1210 1224 1210))
(connect D24:1 D28:1)
(points 2 1158 1370 1229 1370))
(connect D2:0 D32:0)
(points 2 410 -183 410 -146))
(connect D33:1 D32:1)
(points 2 218 -110 294 -110))
(connect D54:1 D35:1)
(points 4 720 1500 840 1500 840 1580 866 1580))
(connect D55:1 D35:2)
(points 2 720 1600 866 1600))
(connect D56:1 D35:3)
(points 4 720 1710 750 1710 750 1620 866 1620))
(connect D38:0 D36:0)
(points 2 630 1909 630 2003))
(connect D35:1 D36:1)
(points 6 1074 1600 1090 1600 1090 1650 420 1650 420 2060 449 2060))
(connect D39:1 D36:2)
(points 8 1003 1870 1020 1870 1020 1910 830 1910 830 1980 430 1980 430 2120 449 2120))
(connect D56:0 D38:0)
(points 2 630 1727 630 1833))
(connect D20:1 D39:1)
(points 12 655 -880 800 -880 800 570 720 570 720 760 740 760 740 1350 730 1350 730 1450 760 1450 760 1860 816 1860))
(connect D38:1 D39:2)
(points 2 708 1880 816 1880))
(connect D41:1 D40:1)
(points 2 454 -1010 522 -1010))
(connect D22:1 D42:1)
(points 4 708 1220 740 1220 740 1160 762 1160))
(connect D23:1 D43:1)
(points 6 708 1340 750 1340 750 1360 740 1360 740 1410 752 1410))
(connect D25:1 D44:1)
(points 4 1158 1210 1180 1210 1180 1150 1222 1150))
(connect D24:1 D45:1)
(points 4 1158 1370 1180 1370 1180 1430 1232 1430))
(connect D93:1 D47:1)
(points 2 678 2270 762 2270))
(connect D39:1 D48:1)
(points 6 1003 1870 1020 1870 1020 1910 830 1910 830 2030 838 2030))
(connect D83:0 D50:0)
(points 2 630 2490 630 2609))
(connect D49:1 D50:1)
(points 2 556 2620 610 2620))
(connect D50:1 D51:0)
(points 3 650 2620 710 2620 710 2659))
(connect D26:1 D52:1)
(points 4 968 1270 980 1270 980 1290 1002 1290))
(connect D32:0 D53:0)
(points 2 410 -93 410 -46))
(connect D34:1 D53:1)
(points 2 218 -10 299 -10))
(connect D23:0 D54:0)
(points 2 630 1369 630 1464))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 32/33

```

(connect D54:0 D55:0)
(points 2 630 1517 630 1564))
(connect D55:0 D56:0)
(points 2 630 1617 630 1674))
(connect D58:1 D57:1)
(points 2 708 2390 771 2390))
(connect D93:0 D58:0)
(points 2 630 2288 630 2343))
(connect D57:1 D59:1)
(points 2 928 2390 992 2390))
(connect D67:0 D62:0)
(points 2 410 -687 410 -641))
(connect D63:1 D62:1)
(points 2 224 -610 289 -610))
(connect D54:1 D65:1)
(points 6 720 1500 1100 1500 1100 1520 1120 1520 1120 1570 1177 1570))
(connect D55:1 D65:2)
(points 6 720 1600 740 1600 740 1530 1110 1530 1110 1600 1177 1600))
(connect D65:0 D65:3)
(points 5 1240 1655 1240 1680 1160 1680 1160 1630 1177 1630))
(connect D54:1 D66:1)
(points 4 720 1500 1100 1500 1100 1730 1177 1730))
(connect D56:1 D66:2)
(points 4 720 1710 740 1710 740 1760 1177 1760))
(connect D66:0 D66:3)
(points 5 1240 1815 1240 1840 1160 1840 1160 1790 1177 1790))
(connect D20:0 D67:0)
(points 2 410 -793 410 -732))
(connect D68:1 D67:1)
(points 2 214 -700 270 -700))
(connect D78:0 D69:0)
(points 2 630 468 630 508))
(connect D70:1 D69:1)
(points 2 434 540 490 540))
(connect D10:0 D71:0)
(points 2 630 212 630 258))
(connect D72:1 D71:1)
(points 2 434 290 490 290))
(connect D76:1 D73:1)
(points 4 1838 770 1890 770 1890 910 1919 910))
(connect D12:1 D73:2)
(points 6 1101 630 1150 630 1150 770 1450 770 1450 930 1919 930))
(connect D18:1 D73:3)
(points 6 1101 720 1130 720 1130 780 1460 780 1460 950 1919 950))
(connect D87:1 D73:4)
(points 6 1182 840 1270 840 1270 880 1450 880 1450 970 1919 970))
(connect D88:1 D73:5)
(points 4 1182 940 1270 940 1270 990 1919 990))
(connect D89:1 D73:6)
(points 6 1182 1040 1270 1040 1270 1080 1450 1080 1450 1010 1919 1010))
(connect D39:1 D73:7)
(points 4 1003 1870 1480 1870 1480 1030 1919 1030))
(connect D74:1 D73:8)
(points 4 1860 1150 1880 1150 1880 1050 1919 1050))
(connect D20:1 D74:1)
(points 10 655 -880 800 -880 800 570 720 570 720 760 740 760 740 1100 1380 1100 1380 1150 1639 1150))
(connect D76:1 D75:1)
(points 2 1838 770 1912 770))
(connect D77:1 D76:1)
(points 2 1630 770 1681 770))
(connect D82:1 D77:1)
(points 4 424 40 1380 40 1380 760 1549 760))
(connect D83:1 D77:2)
(points 4 644 2480 1480 2480 1480 780 1549 780))
(connect D9:0 D78:0)
(points 2 630 377 630 413))
(connect D79:1 D78:1)
(points 2 228 450 589 450))

```

07 jul 00 11:08 ProgramaEspectrosContinuosHP4194A.vee Página 33/33

```

(connect D7:1 D79:1
(points 6 234 -300 250 -300 250 -140 50 -140 50 440 71 440))
(connect D80:1 D79:2
(points 4 -33 490 -10 490 -10 460 71 460))
(connect D53:0 D82:0
(points 2 410 7 410 29))
(connect D58:0 D83:0
(points 2 630 2419 630 2469))
(connect D89:1 D84:1
(points 2 1182 1040 1292 1040))
(connect D88:1 D85:1
(points 2 1182 940 1292 940))
(connect D87:1 D86:1
(points 2 1182 840 1292 840))
(connect D92:1 D87:1
(points 2 674 840 778 840))
(connect D91:1 D88:1
(points 2 674 940 778 940))
(connect D90:1 D89:1
(points 2 674 1040 778 1040))
(connect D91:0 D90:0
(points 2 630 957 630 1004))
(connect D92:0 D91:0
(points 2 630 857 630 904))
(connect D19:0 D92:0
(points 2 630 737 630 804))
(connect D36:0 D93:0
(points 2 630 2159 630 2233))
(connect D46:1 D93:1
(points 2 494 2270 581 2270)))
(stackingOrder 3 1 2 0 6 7 16 14 17 15 20 23 22 25 37 5 40 41 36 46 51 50 47 44
42 45 43 24 28 52 32 53 8 38 54 56 55 39 48 58 57 59 27 60 4 61 62 63 64 10 12
11 66 65 35 68 69 30 71 72 31 9 26 18 67 21 76 77 13 29 70 78 79 80 33 82 49 83
74 87 88 89 90 91 92 75 86 85 84 81 19 93 73 34))
(numberFormats
(realFormat standard)
(realSigDigits 5)
(realRadixSpec 4)
(integerBase decimal)))

```

6.6 Programa para simulação de um ESPC em HP-VEE 4.0

Para usar esse programa digite a listagem em um arquivo no formato texto e salve com a extensão .vee. Assim será possível executá-lo e editá-lo.

07 jul 00 17:19	SIMULA_ESPC.vee	Página 1/18
<pre> (saveFormat "2.3") (date "Fri 07/Jul/2000 15:53:42 ") (veerev "4.01") (platform "PC") (execMode fast) (filterNAN 0) (workspaceStackingOrder M) (SaveCF no) (device 0 ROOTCONTEXT (properties (trigMode deg) (nextID 48) (popupTitleText "Untitled") (popupMoveable 1) (deleteGlobals 0)) (deviceList (device 8 CONSTANT (properties (name "C0")) (interface (output 1 (name "Real") (lock name constraints))) (implementation (value Real (data 8.8512E-012)) (initValue Real (data 0)))) (device 9 CONSTANT (properties (name "C1")) (interface (output 1 (name "Real") (lock name constraints))) (implementation (value Real (data 2.6082E-014)) (initValue Real (data 0)))) (device 11 CONSTANT (properties (name "L1")) (interface (output 1 (name "Real") (lock name constraints))) (implementation (value Real (data 0.075700000000001)) (initValue Real (data 0)))) (device 13 CONSTANT (properties (name "C2")) (interface (output 1 (name "Real") (lock name constraints))) (implementation (value Real (data 9.999999999999999E-012)) (initValue Real (data 0)))) (device 15 CONSTANT (properties (name "C3")) (interface (output 1 </pre>		

07 jul 00 17:19	SIMULA_ESPC.vee	Página 2/18
<pre> (name "Real") (lock name constraints))) (implementation (value Real (data 9.999999999999999E-012)) (initValue Real (data 0)))) (device 17 CONSTANT (properties (name "R1")) (interface (output 1 (name "Real") (lock name constraints))) (implementation (value Real (data 10)) (initValue Real (data 0)))) (device 20 CONTEXT (properties (name "ESPC") (trigMode deg) (nextID 4) (popupTitleText "UserObject") (popupMoveable 1)) (interface (input 1 (name "Z0") (optional yes)) (input 2 (name "ZR1") (optional yes)) (input 3 (name "ZC1") (optional yes)) (input 4 (name "ZL1") (optional yes)) (input 5 (name "Z2") (optional yes)) (input 6 (name "Z3") (optional yes)) (output 1 (type data) (name "Z") (lock constraints) (optional yes))) (deviceList (device 0 FORMULA (properties (expr 1 "1/(ZR1+ZC1+ZL1)")) (interface (input 1 (name "ZR1") (optional yes)) (input 2 (name "ZC1") (optional yes)) (input 3 (name "ZL1") (optional yes)) (output 1 (name "Result") (tag "Result") (lock name constraints) (optional yes)))) </pre>		

07 jul 00 17:19	SIMULA_ESPC.vee	Página 3/18
<pre> (device 1 FORMULA (properties (expr 1 "1/Z0")) (interface (input 1 (name "Z0") (optional yes)) (output 1 (name "Result") (tag "Result") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 2 FORMULA (properties (expr 1 "1/(Y0+Y1)")) (interface (input 1 (name "Y0") (optional yes)) (input 2 (name "Y1") (optional yes)) (output 1 (name "Result") (tag "Result") (lock name constraints) (optional yes)))) (device 3 FORMULA (properties (expr 1 "Z01+Z2+Z3")) (interface (input 1 (name "Z01") (optional yes)) (input 2 (name "Z2") (optional yes)) (input 3 (name "Z3") (optional yes)) (output 1 (name "Result") (tag "Result") (lock name constraints) (optional yes)))) (configuration (connect I2:1 D0:1) (connect I3:1 D0:2) (connect I4:1 D0:3) (connect I1:1 D1:1) (connect D1:1 D2:1) (connect D0:1 D2:2) (connect D2:1 D3:1) (connect I5:1 D3:2) (connect I6:1 D3:3) (connect D3:1 O1:1))) (contextCarrier (active detail) (detail (extent 340 300) (anchorPt 28 -36) (configuration (devCarrierFor 0 (active open) (icon) (open (extent 148 62)) (terminals on) (pinCenter 225 270)) </pre>		

07 jul 00 17:19	SIMULA_ESPC.vee	Página 4/18
<pre> (devCarrierFor 1 (active open) (icon) (open (extent 72 32)) (terminals on) (pinCenter 180 170)) (devCarrierFor 2 (active open) (icon) (open (extent 98 42)) (terminals on) (pinCenter 480 240)) (devCarrierFor 3 (active open) (icon) (open (extent 106 62)) (terminals on) (pinCenter 355 520)) (connect I2:1 D0:1 (points 4 -28 105 10 105 10 250 108 250)) (connect I3:1 D0:2 (points 4 -28 155 53 155 53 270 108 270)) (connect I4:1 D0:3 (points 4 -28 205 10 205 10 290 108 290)) (connect I1:1 D1:1 (points 4 -28 55 -100 55 -100 170 111 170)) (connect D1:1 D2:1 (points 4 268 170 370 170 370 230 398 230)) (connect D0:1 D2:2 (points 4 351 270 370 270 370 250 398 250)) (connect D2:1 D3:1 (points 6 581 240 600 240 600 320 240 320 240 500 259 500)) (connect I5:1 D3:2 (points 4 -28 255 20 255 20 520 259 520)) (connect I6:1 D3:3 (points 4 -28 305 0 305 0 540 259 540)) (connect D3:1 O1:1 (points 4 460 520 480 520 480 185 311 185))) (stackingOrder 1 2 0 3))) (device 21 CONTEXT (properties (name "Z") (trigMode deg) (nextID 15) (popupTitleText "UserObject") (popupMoveable 1)) (interface (input 1 (name "C0") (optional yes)) (input 2 (name "R1") (optional yes)) (input 3 (name "C1") (optional yes)) (input 4 (name "L1") (optional yes)) (input 5 (name "C2") (optional yes)) (input 6 (name "C3") (optional yes)) (input 7 </pre>		

07 jul 00 17:19	SIMULA_ESPC.vee	Página 5/18
<pre> (name "f") (optional yes)) (output 1 (type data) (name "Z0") (lock constraints) (optional yes)) (output 2 (type data) (name "ZR1") (lock constraints) (optional yes)) (output 3 (type data) (name "ZC1") (lock constraints) (optional yes)) (output 4 (type data) (name "ZL1") (lock constraints) (optional yes)) (output 5 (type data) (name "Z2") (lock constraints) (optional yes)) (output 6 (type data) (name "Z3") (lock constraints) (optional yes))) (deviceList (device 0 TOCOMPLEX (properties (name "Z0")) (interface (input 1 (name "Real") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (input 2 (name "Imag") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (output 1 (name "Complex") (lock name constraints)))) (device 1 TOCOMPLEX (properties (name "ZR1")) (interface (input 1 (name "Real") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (input 2 (name "Imag") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (output 1 (name "Complex") (lock name constraints)))) (device 2 TOCOMPLEX (properties </pre>		

07 jul 00 17:19	SIMULA_ESPC.vee	Página 6/18
<pre> (name "ZC1")) (interface (input 1 (name "Real") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (input 2 (name "Imag") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (output 1 (name "Complex") (lock name constraints)))) (device 3 TOCOMPLEX (properties (name "ZL1")) (interface (input 1 (name "Real") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (input 2 (name "Imag") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (output 1 (name "Complex") (lock name constraints)))) (device 4 TOCOMPLEX (properties (name "Z2")) (interface (input 1 (name "Real") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (input 2 (name "Imag") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (output 1 (name "Complex") (lock name constraints)))) (device 5 TOCOMPLEX (properties (name "Z3")) (interface (input 1 (name "Real") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (input 2 (name "Imag") (requires (datatype Real)) (lock name constraints)) (output 1 (name "Complex") (lock name constraints)))) (device 6 FORMULA (properties (expr 1 "-1/(2*PI*f*C3)") </pre>		

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 7/18

```

(interface
(input 1
(name "f")
(optional yes))
(input 2
(name "C3")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 7 FORMULA
(properties
(expr 1 "-1/(2*PI*f*C2)"))
(interface
(input 1
(name "f")
(optional yes))
(input 2
(name "C2")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 8 FORMULA
(properties
(expr 1 "2*PI*f*L1"))
(interface
(input 1
(name "f")
(optional yes))
(input 2
(name "L1")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 9 FORMULA
(properties
(expr 1 "-1/(2*PI*f*C1)"))
(interface
(input 1
(name "f")
(optional yes))
(input 2
(name "C1")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 10 FORMULA
(properties
(expr 1 "-1/(2*PI*f*C0)"))
(interface
(input 1
(name "f")
(optional yes))
(input 2
(name "C0")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 8/18

```

(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes))))
(device 11 CONSTANT
(properties
(name "ZERO"))
(interface
(output 1
(name "Real")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Real
(data 0))
(initValue Real
(data 0))))
(configuration
(connect D11:1 D0:1)
(connect D10:1 D0:2)
(connect I2:1 D1:1)
(connect D11:1 D1:2)
(connect D11:1 D2:1)
(connect D9:1 D2:2)
(connect D11:1 D3:1)
(connect D8:1 D3:2)
(connect D11:1 D4:1)
(connect D7:1 D4:2)
(connect D11:1 D5:1)
(connect D6:1 D5:2)
(connect I7:1 D6:1)
(connect I6:1 D6:2)
(connect I7:1 D7:1)
(connect I5:1 D7:2)
(connect I7:1 D8:1)
(connect I4:1 D8:2)
(connect I7:1 D9:1)
(connect I3:1 D9:2)
(connect I7:1 D10:1)
(connect I1:1 D10:2)
(connect D0:1 O1:1)
(connect D1:1 O2:1)
(connect D2:1 O3:1)
(connect D3:1 O4:1)
(connect D4:1 O5:1)
(connect D5:1 O6:1)))
(contextCarrier
(active detail)
(detail
(extent 350 300)
(anchorPt 55 -50)
(configuration
(devCarrierFor 0
(active open)
(icon
(extent 68 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 33 50))
(terminals on)
(pinCenter 550 150))
(devCarrierFor 1
(active open)
(icon
(extent 68 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 33 50))
(terminals on)
(pinCenter 550 240))
(devCarrierFor 2

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 9/18

```

(active open)
(icon
(extent 68 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 33 50))
(terminals on)
(pinCenter 550 330))
(devCarrierFor 3
(active open)
(icon
(extent 68 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 33 50))
(terminals on)
(pinCenter 550 420))
(devCarrierFor 4
(active open)
(icon
(extent 68 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 33 50))
(terminals on)
(pinCenter 550 510))
(devCarrierFor 5
(active open)
(icon
(extent 68 52)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 33 50))
(terminals on)
(pinCenter 550 590))
(devCarrierFor 6
(active open)
(icon
(open
(extent 118 42))
(terminals on)
(pinCenter 320 590))
(devCarrierFor 7
(active open)
(icon)
(open
(extent 118 42))
(terminals on)
(pinCenter 320 510))
(devCarrierFor 8
(active open)
(icon)
(open
(extent 118 42))
(terminals on)
(pinCenter 320 420))
(devCarrierFor 9
(active open)
(icon)
(open
(extent 118 42))
(terminals on)
(pinCenter 320 330))
(devCarrierFor 10
(active open)
(icon)
(open
(extent 118 42))
(terminals on)

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 10/18

```

(pinCenter 320 150))
(devCarrierFor 11
(active open)
(icon
(extent 42 0))
(open
(extent 78 30)
(showFormat real))
(pinCenter 120 70))
(connect D11:1 D0:1
(points 4 161 70 450 70 450 140 491 140))
(connect D10:1 D0:2
(points 4 431 150 450 150 450 160 491 160))
(connect I2:1 D1:1
(points 4 -55 119 -10 119 -10 230 491 230))
(connect D11:1 D1:2
(points 6 161 70 450 70 450 140 460 140 460 250 491 250))
(connect D11:1 D2:1
(points 6 161 70 450 70 450 140 460 140 460 320 491 320))
(connect D9:1 D2:2
(points 4 431 330 450 330 450 340 491 340))
(connect D11:1 D3:1
(points 6 161 70 450 70 450 140 460 140 460 410 491 410))
(connect D8:1 D3:2
(points 4 431 420 450 420 450 430 491 430))
(connect D11:1 D4:1
(points 6 161 70 450 70 450 140 460 140 460 500 491 500))
(connect D7:1 D4:2
(points 4 431 510 450 510 450 520 491 520))
(connect D11:1 D5:1
(points 6 161 70 450 70 450 140 460 140 460 580 491 580))
(connect D6:1 D5:2
(points 4 431 590 450 590 450 600 491 600))
(connect I7:1 D6:1
(points 4 -55 319 -30 319 -30 580 228 580))
(connect I6:1 D6:2
(points 4 -55 279 20 279 20 600 228 600))
(connect I7:1 D7:1
(points 6 -55 319 -30 319 -30 510 30 510 30 500 228 500))
(connect I5:1 D7:2
(points 4 -55 239 20 239 20 520 228 520))
(connect I7:1 D8:1
(points 8 -55 319 -30 319 -30 580 -50 580 -50 420 30 420 30 410 228 410))
(connect I4:1 D8:2
(points 4 -55 199 20 199 20 430 228 430))
(connect I7:1 D9:1
(points 8 -55 319 -30 319 -30 580 -50 580 -50 330 30 330 30 320 228 320))
(connect I3:1 D9:2
(points 4 -55 159 20 159 20 340 228 340))
(connect I7:1 D10:1
(points 8 -55 319 -30 319 -30 580 -50 580 -50 150 30 150 30 140 228 140))
(connect I1:1 D10:2
(points 4 -55 79 20 79 20 160 228 160))
(connect D0:1 O1:1
(points 4 629 150 640 150 640 69 294 69))
(connect D1:1 O2:1
(points 4 629 240 640 240 640 119 294 119))
(connect D2:1 O3:1
(points 4 629 330 640 330 640 169 294 169))
(connect D3:1 O4:1
(points 4 629 420 640 420 640 219 294 219))
(connect D4:1 O5:1
(points 4 629 510 640 510 640 269 294 269))
(connect D5:1 O6:1
(points 4 629 590 511 590 511 319 294 319)))
(stackingOrder 0 1 2 3 4 5 6 7 9 10 11 8)))
(device 25 FORMULA
(properties
(name "ramp(numElem,start,stop)"))

```


07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 11/18

```

(expr 1 "ramp(numElem, start, stop)"))
(interface
(input 1
(name "numElem")
(optional yes))
(input 2
(name "start")
(optional yes))
(input 3
(name "stop")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(device 26 CONSTANT
(properties
(name "START"))
(interface
(output 1
(name "Real")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Real
(data 3570000))
(initValue Real
(data 0))))
(device 27 CONSTANT
(properties
(name "STOP"))
(interface
(output 1
(name "Real")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Real
(data 3596000))
(initValue Real
(data 0))))
(device 28 CONSTANT
(properties
(name "N"))
(interface
(output 1
(name "Int32")
(lock name constraints)))
(implementation
(value Int32
(data 401))
(initValue Int32
(data 0))))
(device 30 FORMULA
(properties
(name "mag(x)")
(expr 1 "mag(x)"))
(interface
(input 1
(name "x")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(device 31 XYPLOT
(interface
(input 1
(name "XData")

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 12/18

```

(lock constraints))
(input 2
(name "log Z")
(lock constraints))
(input 3
(type control)
(name "Auto Scale")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(implementation
(tracePin 2)
(graphMode rectangular)))
(device 32 FORMULA
(properties
(name "phase(x)")
(expr 1 "phase(x)"))
(interface
(input 1
(name "x")
(optional yes))
(output 1
(name "Result")
(tag "Result")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(device 34 XYPLOT
(interface
(input 1
(name "XData")
(lock constraints))
(input 2
(name "FASE")
(lock constraints))
(input 3
(type control)
(name "Auto Scale")
(lock name constraints)
(optional yes)))
(implementation
(tracePin 2)
(graphMode rectangular)))
(device 38 START25)
(device 39 LABEL
(properties
(name "SIMULA\307\3030 DO ESQUEMA DE BVD")
(labelValue "SIMULA\307\3030 DO ESQUEMA DE BVD"))
(implementation))
(device 40 LABEL
(properties
(name "PARA UM ESPC")
(labelValue "PARA UM ESPC"))
(implementation))
(device 41 FILESELECT
(properties
(name "File Name Selection")
(prompt "Enter File Name:")
(initialDirectory "c:\\office51\\work\\mestrado\\simul_espc\\dados")
(initialFile "lixo.dat")
(dialogMode Writing))
(interface
(output 1
(name "File Name")
(lock name constraints))
(output 2
(name "Cancel")
(lock name constraints)))
(implementation))
(device 42 TOFILE
(properties

```


07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 13/18

```

(transactions 1 "WRITE TEXT a EOL"))
(interface
(input 1
(name "A")
(optional yes))
(input 2
(type control)
(name "File Name")
(requires
(datatype Text)
(shape "Scalar"))
(lock name constraints)
(optional yes)))
(implementation
(attr iopath file write
"C:\\Office51\\work\\MESTRADO\\SIMUL_ESPC\\Dados\\lixo.dat"
(readTerm "\n")
(fs "\r\n")
(eol "\r\n")
(multiField dataOnly)
(arrayFormat linear))))
(device 43 TORECORD
(properties
(outputType array))
(interface
(input 1
(name "f")
(optional yes))
(input 2
(name "z")
(optional yes))
(input 3
(name "p")
(optional yes))
(output 1
(name "Record"))))
(device 45 BREAK)
(device 46 NOTE
(properties
(name "Esquema el\351trico do ESPC")
(text2 5 " +-----C0-----" " "
"---C2---+ +---C3---" " "
" +---R1---C1---L1---+"))
(device 47 NOTE
(properties
(text2 3 "N: n\372mero de pontos do espectro simulado"
"START: Valor de freq\374\352ncia inicial"
"STOP: Valor de freq\374\352ncia final"))
(configuration
(connect D7:1 D6:1)
(connect D7:2 D6:2)
(connect D7:3 D6:3)
(connect D7:4 D6:4)
(connect D7:5 D6:5)
(connect D7:6 D6:6)
(connect D19:0 D7:0)
(connect D0:1 D7:1)
(connect D5:1 D7:2)
(connect D1:1 D7:3)
(connect D2:1 D7:4)
(connect D3:1 D7:5)
(connect D4:1 D7:6)
(connect D8:1 D7:7)
(connect D11:1 D8:1)
(connect D9:1 D8:2)
(connect D10:1 D8:3)
(connect D6:1 D12:1)
(connect D8:1 D13:1)
(connect D12:1 D13:2)

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 14/18

```

(connect D13:0 D13:3)
(connect D6:1 D14:1)
(connect D8:1 D15:1)
(connect D14:1 D15:2)
(connect D15:0 D15:3)
(connect D16:0 D19:0)
(connect D21:1 D20:1)
(connect D19:1 D20:2)
(connect D8:1 D21:1)
(connect D12:1 D21:2)
(connect D14:1 D21:3)
(connect D19:2 D22:0)))
(contextCarrier
(wndRestoredOrigin 2 6)
(wndRestoredExtent 600 401)
(wndState max)
(active detail)
(detail
(extent 1020 649)
(anchorPt 397 208)
(configuration
(devCarrierFor 8
(active open)
(icon
(extent 22 0))
(open
(extent 69 30)
(showFormat real))
(pinCenter -250 50))
(devCarrierFor 9
(active open)
(icon
(extent 22 0))
(open
(extent 69 30)
(showFormat real))
(pinCenter -250 230))
(devCarrierFor 11
(active open)
(icon
(extent 20 0))
(open
(extent 69 30)
(showFormat real))
(pinCenter -250 320))
(devCarrierFor 13
(active open)
(icon
(extent 22 0))
(open
(extent 69 30)
(showFormat real))
(pinCenter -250 410))
(devCarrierFor 15
(active open)
(icon
(extent 22 0))
(open
(extent 69 30)
(showFormat real))
(pinCenter -250 490))
(devCarrierFor 17
(active open)
(icon
(extent 22 0))
(open
(extent 69 30)
(showFormat real))
(pinCenter -250 130))

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 15/18

```

(devCarrierFor 20
(active icon)
(icon
(extent 41 65))
(terminals on)
(pinCenter 120 200))
(devCarrierFor 21
(active icon)
(icon
(extent 24 74))
(terminals on)
(pinCenter -70 200))
(devCarrierFor 25
(active open)
(icon
(extent 179 0))
(open
(extent 205 62))
(terminals on)
(pinCenter 250 460))
(devCarrierFor 26
(active open)
(icon
(extent 50 0))
(open
(extent 86 30)
(showFormat real))
(pinCenter -40 470))
(devCarrierFor 27
(active open)
(icon
(extent 42 0))
(open
(extent 78 30)
(showFormat real))
(pinCenter -40 540))
(devCarrierFor 28
(active open)
(icon
(extent 13 0))
(open
(extent 84 30)
(showFormat int))
(pinCenter -40 400))
(devCarrierFor 30
(active open)
(icon
(extent 47 0))
(open
(extent 77 31))
(terminals on)
(pinCenter 580 410))
(devCarrierFor 31
(active open)
(icon
(iconImage "display.icn"))
(open
(extent 296 301)
(displayMode scrollGraph)
(graphType cartesian)
(gridType grid)
(scale 0
(name "log Z")
(domainName "f / Hz")
(pen 9)
(show 1)
(range 222.6366650741197 1269891.841725272 4 log))
(domain 3570000 3600000 4 linear)
(trace 0 onScale 0

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 16/18

```

(name "log Z")
(pen 4)
(lineType 1)
(pointType 0))
(marker 0 onTrace 0))
(terminals on)
(pinCenter 960 380))
(devCarrierFor 32
(active open)
(icon
(extent 60 0))
(open
(extent 89 31))
(terminals on)
(pinCenter 590 720))
(devCarrierFor 34
(active open)
(icon
(iconImage "display.icn"))
(open
(extent 296 301)
(displayMode scrollGraph)
(graphType cartesian)
(gridType grid)
(scale 0
(name "fase")
(domainName "f / Hz")
(pen 9)
(show 1)
(range -100 100 4 linear))
(domain 3570000 3600000 4 linear)
(trace 0 onScale 0
(name "FASE")
(pen 4)
(lineType 1)
(pointType 0))
(marker 0 onTrace 0))
(terminals on)
(pinCenter 960 750))
(devCarrierFor 38
(active open)
(icon
(open
(extent 218 87))
(title off)
(pinCenter 50 -80))
(devCarrierFor 39
(active open)
(icon
(extent 253 0))
(open
(extent 364 48)
(just 1))
(title off)
(font "Arial" 20 bold)
(titleFont "Arial" 20 bold)
(pinCenter 480 -70))
(devCarrierFor 40
(active open)
(icon
(extent 163 0))
(open
(extent 161 36)
(just 1))
(title off)
(font "Arial" 20 bold)
(titleFont "Arial" 20 bold)
(pinCenter 480 -10))
(devCarrierFor 41

```


07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 17/18

```

(active icon)
(icon
(extent 137 25))
(open
(extent 445 110))
(terminals on)
(pinCenter 60 70))
(devCarrierFor 42
(active open)
(icon)
(open
(extent 256 133))
(terminals on)
(pinCenter 660 1070))
(devCarrierFor 43
(active open)
(icon)
(iconImage "build.icn"))
(open
(extent 113 62))
(terminals on)
(pinCenter 225 1040))
(devCarrierFor 45
(active icon)
(icon)
(extent 41 16))
(open)
(terminals on)
(pinCenter 190 120))
(devCarrierFor 46
(active open)
(icon)
(extent 187 0)
(iconImage "notepad.icn"))
(open
(extent 266 116)
(editing enabled))
(pinCenter -480 280))
(devCarrierFor 47
(active open)
(icon)
(iconImage "notepad.icn"))
(open
(extent 358 72)
(editing enabled))
(pinCenter 20 640))
(connect D7:1 D6:1
(points 2 -56 170 97 170))
(connect D7:2 D6:2
(points 2 -56 180 97 180))
(connect D7:3 D6:3
(points 2 -56 190 97 190))
(connect D7:4 D6:4
(points 2 -56 200 97 200))
(connect D7:5 D6:5
(points 2 -56 210 97 210))
(connect D7:6 D6:6
(points 2 -56 220 97 220))
(connect D19:0 D7:0
(points 4 60 85 60 110 -70 110 -70 160))
(connect D0:1 D7:1
(points 4 -213 50 -180 50 -180 170 -85 170))
(connect D5:1 D7:2
(points 4 -213 130 -190 130 -190 180 -85 180))
(connect D1:1 D7:3
(points 4 -213 230 -160 230 -160 190 -85 190))
(connect D2:1 D7:4
(points 4 -213 320 -170 320 -170 200 -85 200))
(connect D3:1 D7:5

```

07 jul 00 17:19

SIMULA_ESPC.vee

Página 18/18

```

(points 6 -213 410 -200 410 -200 220 -190 220 -190 210 -85 210))
(connect D4:1 D7:6
(points 4 -213 490 -180 490 -180 220 -85 220))
(connect D8:1 D7:7
(points 6 405 460 430 460 430 340 -100 340 -100 230 -85 230))
(connect D11:1 D8:1
(points 4 4 400 30 400 30 440 75 440))
(connect D9:1 D8:2
(points 4 5 470 30 470 30 460 75 460))
(connect D10:1 D8:3
(points 4 1 540 30 540 30 480 75 480))
(connect D6:1 D12:1
(points 6 143 200 440 200 440 370 480 370 480 410 509 410))
(connect D8:1 D13:1
(points 4 405 460 460 460 460 280 739 280))
(connect D12:1 D13:2
(points 4 671 410 700 410 700 380 739 380))
(connect D13:0 D13:3
(points 5 940 533 940 550 720 550 720 480 739 480))
(connect D6:1 D14:1
(points 6 143 200 440 200 440 370 480 370 480 720 513 720))
(connect D8:1 D15:1
(points 6 405 460 470 460 470 600 440 600 440 650 739 650))
(connect D14:1 D15:2
(points 4 687 720 710 720 710 750 739 750))
(connect D15:0 D15:3
(points 5 940 903 940 920 720 920 720 850 739 850))
(connect D16:0 D19:0
(points 4 50 -34 50 -10 60 -10 60 55))
(connect D21:1 D20:1
(points 2 344 1040 459 1040))
(connect D19:1 D20:2
(points 4 131 60 450 60 450 1100 459 1100))
(connect D8:1 D21:1
(points 8 405 460 470 460 470 600 440 600 440 1090 110 1090 110 1020 136 1020))
(connect D12:1 D21:2
(points 8 671 410 690 410 690 470 430 470 430 920 130 920 130 1040 136 1040))
(connect D14:1 D21:3
(points 6 687 720 710 720 710 910 120 910 120 1060 136 1060))
(connect D19:2 D22:0
(points 3 131 80 190 80 190 109))
(stackingOrder 2 3 5 4 9 10 7 11 8 0 6 13 18 17 16 14 12 22 21 20 19 15 1 23 24)
)
(numberFormats
(realFormat standard)
(realSigDigits 6)
(realRadixSpec 4)
(integerBase decimal))))

```


7 CURRICULUM VITAE

Carlos Antonio Neves

Nascido em São Paulo, 16 de novembro de 1971.

EDUCAÇÃO

COLÉGIO

Colégio Cruzeiro do Sul - São Miguel Paulista - São Paulo

Curso Técnico em Programação

Período de 1988 à 1990

UNIVERSIDADE

Graduação Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP)

Bacharel em química

Período de 1994 à 1997

Pós-graduação Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP)

Mestrado em química analítica

Período de 1998 à 2000

OCUPAÇÃO

Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

PARTICIPAÇÕES EM REUNIÕES CIENTÍFICAS

Araújo, A. L.; Neves, C. A.; Araki, K.; Ferreira, A. M. C.; Processo Solvay: "Uma adaptação do processo industrial ao laboratório didático"; 18ª *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*; Caxambu-MG; 1995; ED-037.

Neves, C. A.; Lago, C. L.; "Desenvolvimento de um Equipamento para Termoanálise Baseado em Cristal Piezelétrico de Quartzo com Eletrodos Separados"; 21^a *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*; Poços de Caldas - MG; 1998; QA-043.

Jesus, D. P.; Neves, C. A.; Lago, C. L.; "Aplicação de Cristais Piezelétricos de Quartzo com Eletrodos Separados e Superfície Silanizada com N-(β -aminoetil)- γ -aminopropiltrimetoxissilano como Sensores para Íons Metálicos em Análise por Injeção em Fluxo"; 22^a *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*; Poços de Caldas - MG; 1999; QA-99.

Neves, C. A.; Lago, C. L.; "Microbalança de Cristal Piezelétrico de Quartzo de Eletrodos Separados para Fase Gasosa"; 22^a *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*; Poços de Caldas - MG; 1999; QA-100.

Neves, C. A.; Lago, C. L.; "Dispositivo Baseado em Cristal Piezelétrico de Quartzo com Eletrodo Separado para Monitoramento Contínuo de Reações de Silanização e Deposição de Filmes Finos"; 23^a *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*; Poços de Caldas - MG; 2000; QM-60.

PUBLICAÇÕES

Araújo, A. L.; Neves, C. A.; Ferreira, A. M. C.; Araki, K.; "Simulação do Processo Solvay no Laboratório Didático"; *Química Nova*, 21 (1) (1998).

Neves, C. A.; Gutz, I. G. R.; Lago, C. L.; "Automatização de um Destilador de Água", *Química Nova*, 21 (5) (1998).