

**DAS** Departamento de Automação e Sistemas  
**CTC** Centro Tecnológico  
**UFSC** Universidade Federal de Santa Catarina

# **Sistema de Monitoramento de Consumo de Gás para a Cerâmica Portobello**

*Monografia submetida à Universidade Federal de Santa Catarina  
como requisito para a aprovação da disciplina:*

***EEL 5901: Projeto de Fim de Curso***

***Werther Alexandre de Oliveira Serralheiro***

*Florianópolis, Maio de 1999*

***Dedicado à memória de meu Pai***

# **Sistema de Monitoramento de Consumo de gás para a Cerâmica Portobello**

***Werther Alexandre de Oliveira Serralheiro***

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina  
**EEL 5901: Projeto de Fim de Curso**  
e aprovada na sua forma final pelo  
**Curso de Engenharia de Controle e Automação Industrial**

Banca Examinadora:

Sr. Eng. José Maurício dos Santos  
Orientador Empresa

Prof. José Eduardo Cury, PhD  
Orientador do Curso

Prof. Augusto Humberto Bruciapaglia  
Responsável pela disciplina e Coordenador do Curso

Prof. Werner Kraus Jr., Avaliador

Patrick Letouzé Moreira, Debatedor

Valdemar Antonio Dalagnol Filho, Debatedor

## Agradecimentos

- A Deus, acima de tudo;
- À minha família, e em especial à minha mãe, à minha mana Wendie e ao meu avô que não me deixaram sozinho nos momentos difíceis da vida;
- Aos professores do DAS, em especial ao Prof. Cury, que me iluminou ao escrever este trabalho, e ao Prof. Werner por todo o apoio que dele eu recebi;
- Aos companheiros de trabalho na Cerâmica Portobello, em especial ao Setor de Engenharia Industrial, e ao Setor de Engenharia da Qualidade, que contribuíram para uma formação pessoal acima de tudo;
- À Sra. Eng. Cláudia Souto e ao Sr. Eng. José Maurício por acreditarem em mim;
- Ao Senhor Sidney Pacheco e ao saudoso Sr. Wilson Kleinubing;
- Aos meus amigos por estarem junto comigo quando mais precisei;
- Aos inimigos, porque deles tive a chance de enfrentar e atravessar as maiores e mais difíceis barreiras encontrei em minha vida.

## Resumo

O consumo de gás é um fator extremamente importante numa indústria cerâmica. Sua gestão se faz necessária por aspectos econômicos e ambientais. Uma boa regulação dos equipamentos a gás implica numa otimização deste consumo, mas que só pode ser executada se um eficiente monitoramento for realizado.

Com este intuito, a Cerâmica Portobello implementou um sistema de monitoramento de consumo de gás, que adquire automaticamente de seus equipamentos dados necessários para este cálculo, e reporta estes dados para os gestores de consumo.

O objeto deste trabalho é a reestruturação e reimplementação deste sistema, que possuía falhas de projeto as quais incapacitava sua utilização.

## **Abstract**

Gas consumption is an extremely important factor for the ceramic industry. Its management is necessary for economic and environmental reasons. Good regulation of the gas equipment implies in an optimization of consumption, but that can only be achieved if an efficient monitoring is carried through.

To this end, Cerâmica Portobello implemented a system of gas consumption monitoring that automatically acquires data from the plant, and report these data for the fuel consumption managers.

The object of this work is the reorganization and reimplementation of this system, since it possessed design faults which incapacitated its use.

# Sumário

Agradecimentos .....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Sumário.....	vii
Simbologia .....	x
Capítulo 1: Introdução .....	1
Capítulo 2: O Gás na Cerâmica Portobello.....	3
2.1: A Cerâmica Portobello S/A – Breve Histórico .....	3
2.2: O Processo Cerâmico .....	4
2.3: O Gás como recurso não renovável.....	6
2.4: O problema de gestão de consumo de Gás.....	7
2.4.1: Consumo Específico de Gás .....	7
2.4.2: Poder Calorífico Inferior.....	7
2.4.3: Vazão Normalizada .....	8
2.4.4: Procedimento Portobello .....	9
Capítulo 3: O Sistema Automático Atual de Monitoramento.....	11
3.1: Introdução .....	11
3.2: Instrumentação.....	12
3.2.1: Contador de Vazão.....	12
3.2.2: Transmissão de Pressão .....	12
3.2.3: Transdução de Temperatura .....	13
3.2.4: Focélulas para Contagem de Filas.....	13
3.3: Painel de Aquisição.....	14

3.3.1: Módulos de Entrada Analógica.....	14
3.3.2: Controladores Lógico-Programável (CLP).....	15
3.4: Programa do CLP .....	16
3.5: Protocolo de Comunicação .....	17
3.6: O Software Gasauto .....	18
3.7: Problemas com este sistema.....	18
Capítulo 4: O Sistema Desenvolvido - AutoVisGas .....	19
4.1: Introdução .....	19
4.2: Metodologia.....	19
4.2.1: Requisitos do Sistema .....	20
4.3: Topologia do Sistema.....	21
Capítulo 5: O Software AutoGas.....	25
5.1: Introdução .....	25
5.1.1: Definições de Fronteiras.....	25
5.1.2: Outras Definições .....	26
5.2: Comunicação com o CLP .....	27
5.3: Interface com o Usuário .....	30
5.4: Painel de Configuração.....	32
5.5: O programa LabGas.....	34
5.6: Procedimento Horário .....	35
5.7: Procedimento Diário.....	36
5.7.1: Troca de formato (Procedimento PegaTrocas).....	36
5.7.2: Procedimento CalculaTrocas.....	38
5.8: Sistema de Alarmes .....	39
Capítulo 6: O Software VisGas .....	42
6.1: Introdução .....	42

6.2: Tela Principal .....	42
6.3: Escolha do Tipo de Visualização .....	44
6.4: Gráficos Diários.....	46
6.5: Gráficos Mensais.....	47
6.6: Tabela de Dados .....	47
Capítulo 7: Resultados .....	49
7.1: Introdução .....	49
7.2: Comparação com o Sistema Manual.....	49
7.2.1: Análise dos erros de medição de produção .....	49
7.2.2: Análise da medição do consumo de gás em Kg .....	52
7.3: Gráficos gerados pelo VisGas .....	54
Capítulo 8: Conclusões e Perspectivas .....	59
Bibliografia: .....	60
Anexo A - Planilha Manual de Consumo de GLP .....	62
Anexo B - Arquivos de Configuração.....	63
Anexo C - Arquivos de Dados.....	64
Anexo D - Relatório Impresso de Dados (VisGas).....	66

## Simbologia

CLP	:	Controlador Lógico Programável
CNTP	:	condições normais de temperatura e pressão
CPU	:	Central Processing Unit (unidade central de processamento)
DM	:	Data Memory (memória de dados)
GLP	:	Gás Liquefeito de Petróleo
GPF	:	General Protection Fail (falha de proteção geral)
mA	:	Miliampére
MDI	:	Multiple Document Inteerface (interface de vários documentos)
NPN	:	Negativo-Positivo-Negativo
$P_{\text{bar}}$	:	Pressão barométrica (em bar)
$P_{\text{gas}}$	:	Pressão do gás (em bar)
PB	:	Unidade Fabril Portobello
P.C.I.	:	Poder Calorífico Inferior (em Kcal/m <sup>3</sup> )
Q	:	Vazão real de gás (em m <sup>3</sup> /h)
$Q_M$	:	Vazão Mássica (em Kg/h)
S.I.P.	:	sistema de informações de produção (SIP)
$T_{\text{gas}}$	:	Temperatura do gás (em °C)
T.T.C.	:	Termo Tecnica Ceramica S.p.a.
$V_{\text{CNTP}}$	:	Volume do gás considerando as condições normais de temperatura e pressão (C.N.T.P.)
$r$	:	Densidade do gás (em Kg/m <sup>3</sup> )

## Capítulo 1: Introdução

A indústria brasileira vêm nesses últimos tempos, com o efeito da globalização e do mercado, enfrentando uma nova revolução industrial. A busca da qualidade total, a preocupação com a minimização dos custos de produção, o respeito ao meio ambiente e aos recursos naturais; tudo isso hoje já está fazendo parte da cultura de uma grande indústria que almeja o crescimento de suas fronteiras de mercado. A automação da manufatura, o controle de processos e a informática industrial auxiliam para que essa busca se torne realidade .

Uma das peças-chaves que integram esse moderno sistema industrial são as informações industriais. Empresas que possuem seus dados confiáveis, e de fácil acesso, podem tomar decisões e ações que permitam com que estes possam estar dentro de parâmetros compatíveis com as metas da empresa.

A Cerâmica Portobello pretende competir com as grandes indústrias cerâmicas no mercado internacional, e sua busca pela qualidade total torna-se um fator importante para se alcançar esses objetivos. Um de seus grandes problemas é a gestão do consumo de gás. Hoje, a Cerâmica Portobello gasta em média 2.200 toneladas de gás liquefeito de petróleo por dia, o que equivale a 8% de custos de produção. Para se otimizar esse consumo, a ação de controle é direcionada à regulação dos equipamentos consumidores de gás.

Porém, os dados de consumo específico de gás de cada equipamento (fundamentais para tomada de decisões) não eram de fácil acesso, e tinham sua confiabilidade duvidosa. Para que isso fosse possível, foi desenvolvido um sistema de monitoramento automático destes dados, fruto deste presente trabalho.

No primeiro capítulo deste trabalho, abordaremos a empresa e seus processos cerâmicos, seus equipamentos consumidores de gás, e a metodologia utilizada para se extrair manualmente os dados de consumo específico no parque fabril.

No capítulo seguinte, iremos relatar um sistema desenvolvido por uma empresa italiana para solucionar os problemas de confiabilidade de dados. Este sistema de aquisição automática foi implementado como piloto numa das unidades da cerâmica, mas não demonstrou robustez e facilidade de uso, o que resultou em seu sucateamento.

Para que se pudesse aproveitar os equipamentos utilizados neste sistema, desenvolvemos uma remodelagem que pudesse solucionar seus problemas. Esta solução está descrita no terceiro capítulo deste trabalho.

No quarto capítulo, apresentaremos um software de aquisição automática de dados, denominado de AutoGas, que foi desenvolvido para capturar dados adquiridos dos equipamentos a gás, e com esses dados calcular seu consumo específico.

As informações geradas pelo software AutoGas são disponibilizadas para consulta por usuários da fábrica por um outro software denominado VisGas, que é descrito no capítulo cinco.

Os resultados deste sistema de aquisição e visualização serão apresentados e comentados no sexto capítulo, através de comparativos do sistema automático com o sistema manual de coleta de dados.

## **Capítulo 2: O Gás na Cerâmica Portobello**

### **2.1: A Cerâmica Portobello S/A – Breve Histórico**

Em 1944, Valério Gomes instalou em sua terra natal a Usina de Açúcar Tijucas S/A (USATI) com o objetivo de produzir açúcar branco. Em 1977 o grupo USATI resolve se expandir para o ramo de cerâmica. Nasce então a Cerâmica Portobello.

Em 16 de junho de 1979, começa a produção. No final deste mesmo ano, já havia sido fabricado 568 mil metros quadrados de revestimentos cerâmicos e a empresa possuía 250 colaboradores. Três anos depois, a Portobello começa a exportar seus produtos, que já são sinônimos de qualidade no Brasil e no mundo.

Em 1987, começa a construção da nova fábrica (PBII), com a tecnologia mais moderna existente no mercado mundial. Logo após, a terceira unidade fabril é inaugurada, agora com a capacidade de produção de 1 milhão de metros quadrados por mês.

No início da década de 90, a PBI moderniza seus equipamentos, para possibilitar a fabricação de peças menores. Em 1994 é inaugurado o novo escritório administrativo e são instaladas as fábricas de argamassa, peças especiais, terceira queima e monoporosa. Neste ano, são mais de mil colaboradores produzindo 1.250.000 metros quadrados por mês.

Em 1997, é instalada a Unidade de Polimento de Porcelanato, e no ano seguinte a Portobello inaugura seu setor de Louças e Metais.

Atualmente, com uma capacidade média de 1,5 milhões de metros quadrados por mês e com uma linha de aproximadamente 1000 produtos, a Cerâmica Portobello vem investindo constantemente no desenvolvimento de novos produtos e em novos equipamentos, atualizando sempre a tecnologia em igualdade de condições com os mais avançados produtos internacionais.

Além dos pisos cerâmicos, a Portobello fabrica os revestimentos monoporosa, os de 3ª queima, os rodapés, as cantoneiras, argamassa, rejuntas e complementares e outras peças especiais. Apesar das exportações ocuparem lugar de destaque (25%), a maior parte da produção da empresa é consumida pelo mercado nacional (75%).

## 2.2: O Processo Cerâmico

As unidades PB-I, PB-II/III e a PB-IV possuem um procedimento de fabricação de revestimentos cerâmicos padrão e amplamente utilizados no mundo todo. Estes processos estão descritos esquematicamente na figura abaixo.

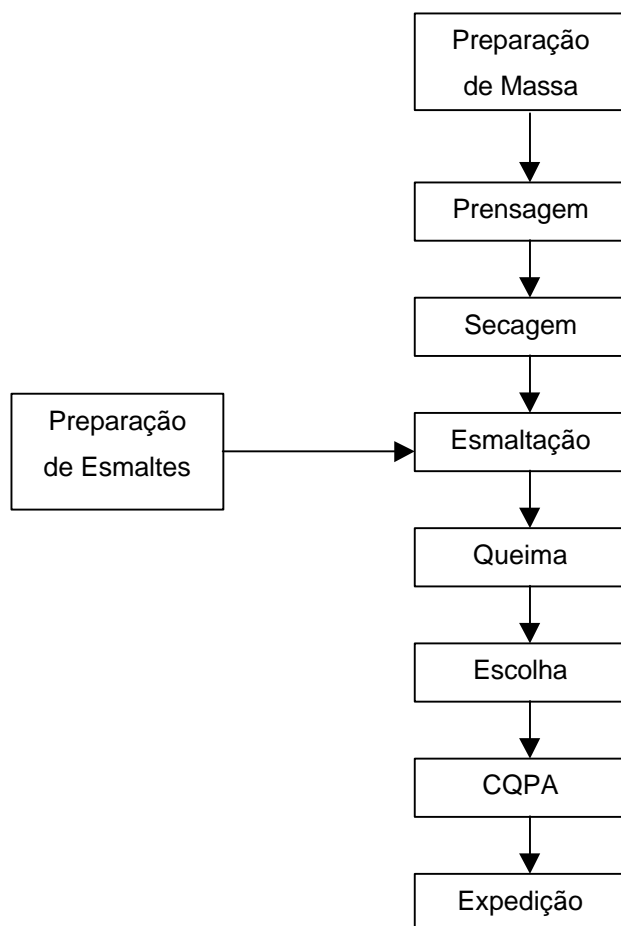


Figura 2.1

Uma mistura de diversos tipos e qualidades de argila são inseridas em equipamentos cilíndricos de aço revestido de borracha chamados de "moinhos de bola"; juntamente com água e substâncias químicas como defloculantes. Estes moinhos giram por algumas horas para que a argila se dissolva em água numa mistura denominada "barbotina". Esta barbotina (líquida) é retirada dos moinhos e armazenada.

Num equipamento denominado "atomizador", que consiste num grande funil em elevada temperatura, é jateada a barbotina líquida como um spray. Esta barbotina, em contato com o ar quente no interior do atomizador, seca e cai na seção inferior do equipamento. Agora, a matéria prima é denominada "massa", e seu aspecto se assimila com a da areia da praia, porém com uma coloração ocre. Esta massa é armazenada em silos para posterior utilização.

Quando necessária a produção, a massa é retirada dos silos de armazenamento e transferida via correias de transporte à prensas. Com auxílio de moldes, a massa é conformada de acordo com o tamanho e formato adequados ao tipo de produto a ser realizado. Pelas características físicas da matéria prima, esta prensagem dá à peça características mecânicas suficientes e necessárias para os próximos passos do processo.

Para que a peça cerâmica possa receber os acabamentos em sua superfície, é necessário que sua umidade esteja dentro das especificações para tal. E para que seja efetuada a retirada de umidade das peças, elas são inseridas num equipamento denominado "secador". Na Cerâmica Portobello, estes equipamentos secadores são do tipo vertical, onde as peças entram em cestos (como se fossem gavetas) em grupos que variam de acordo com o tamanho de cada peça unitária. Quando todo o cesto estiver cheio, este sobe e um novo cesto fica habilitado para ser carregado. As peças são levadas por estes cestos à parte superior do secador. A temperatura é garantida por um fluxo de ar quente, que por sua vez é aquecida por um processo de queima de gás. Esta secagem ocorre num ciclo, onde por fim os cestos com peças secas são descarregadas para a próxima fase do processo.

As peças ao saírem do secador, entram em uma linha de processos chamada "linha de esmaltação". Elas recebem uma camada de um ligante chamado "engobe", e logo em seguida uma camada de esmalte (produzido na própria fábrica), que irá garantir o aspecto vítreo da peça cerâmica. Por fim, uma ou várias camadas de tinta são passadas na peça por um equipamento denominado "serigráfica", que irá garantir o acabamento das peças.

Ao final do processo de esmaltação, as peças cerâmicas entram em filas, cuja largura depende do tamanho unitário de cada peça, num forno. Na Cerâmica Portobello, os fornos são do tipo "de rolo", pois as peças percorrem toda a sua extensão (em formato de túnel) movidas por um transportador a rolo. Na primeira parte do forno, chamada de pré forno, as peças são submetidas a uma elevação gradual de temperatura simplesmente por contato com ar quente. No próximo setor do forno, denominado "área de queima", as peças recebem uma chama direta sobre elas, que realizam o processo de queima cerâmica[5]. Esta queima acontece a uma temperatura de aproximadamente 1180 graus centígrados. Por fim as peças são resfriadas numa parte chamada de "setor de arrefecimento", baixando drasticamente sua temperatura até por volta de 50 graus.

As peças queimadas já se constituem em produto, e são selecionadas (de acordo com sua qualidade dimensional e superficial) e embaladas por um equipamento automático denominado "select line". Por fim um robô paletiza as caixas de peças cerâmicas para serem enviadas à expedição.

### **2.3: O Gás como recurso não renovável**

O gás liquefeito de petróleo é atualmente a base para a produção de energia calorífica necessária para os processos de secagem e queima da produção de revestimentos cerâmicos [3]. Como o GLP é um recurso natural não renovável, e para as conformidades com a ISO 14000, é de suma importância que façamos uso racional dele; e para que possamos atingir esta meta é indispensável o monitoramento do consumo do gás, para que decisões sejam tomadas a fim de se controlar adequadamente este consumo.

## 2.4: O problema de gestão de consumo de Gás

A gestão do consumo na Cerâmica Portobello dá-se pela medição de gás para cada equipamento num horário específico do dia. Este valor é reportado para o setor de informática pelo sistema de informações de produção (SIP) e serve como base de dados para o cálculo de consumo de gás e consumo específico de cada equipamento.

### 2.4.1: Consumo Específico de Gás

O consumo específico de um equipamento a gás é dado pela relação existente entre seu consumo em quilocalorias e sua produção de peças queimadas em quilogramas [4]. Esta razão retrata o quanto o forno ou secador gastou de energia para se processar uma determinada massa cerâmica.

Temos, portanto, a relação:

$$C = \frac{E}{m} \quad (\text{Equação 2.1})$$

Onde:

C : Consumo específico;

E: Energia calorífica (em quilocalorias);

m: massa de material processado (em quilogramas).

### 2.4.2: Poder Calorífico Inferior

O poder calorífico inferior (P.C.I.) é a medida de energia real que um metro cúbico de determinado combustível em suas condições normais de temperatura e pressão oferece quando ocorre sua combustão completa [4].

$$E = P.C.I. \times V_{CNTP} \quad (\text{Equação 2.2})$$

Onde:

P.C.I.: Poder Calorífico Inferior (em Kcal/m<sup>3</sup>)

V<sub>CNTP</sub>: Volume do gás considerando as condições normais de temperatura e pressão (C.N.T.P.)

### 2.4.3: Vazão Normalizada

Para que possamos calcular a energia por unidade de tempo pela equação “a”, teríamos que medir a vazão de gás em condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Como somente é possível se medir através de instrumentos a vazão real de gás que é consumido, deveremos normalizar este valor.

Levemos em consideração a equação geral dos gases ideais [2] para normalizar as condições normais para as CNTP:

$$Q_n = Q \times \frac{P_{bar} + P_{gas}}{P_{bar}} \times \frac{273,15}{273,15 + T_{gas}} \quad (\text{Equação 2.3})$$

Onde:

Q: Vazão real de gás (em m<sup>3</sup>/h)

P<sub>bar</sub>: Pressão barométrica (em bar)

P<sub>gas</sub>: Pressão do gás (em bar)

T<sub>gas</sub>: Temperatura do gás (em °C)

E a quantidade de gás em quilogramas por unidade de tempo (vazão mássica) pode ser facilmente calculada [6] pela equação:

$$Q_M = Q_n \times r \quad (\text{Equação 2.4})$$

Onde:

$Q_M$  : Vazão Mássica (em Kg/h)

$r$  : Densidade do gás (em Kg/m<sup>3</sup>)

#### **2.4.4: Procedimento Portobello**

O monitoramento do consumo de GLP na Cerâmica Portobello tem como objetivo medir e avaliar o consumo de GLP nos equipamentos onde estão instalados medidores de vazão visando a combustão econômica e eficiente e com o mínimo de impacto ambiental.

Os equipamentos e instrumentos utilizados para se fazer este monitoramento são:

- Medidor de vazão de gás tipo turbina ou de deslocamento positivo instalados na tubulação de alimentação das máquinas ou equipamentos com capacidade adequada;
- Manômetro ou transmissor de pressão na tubulação de gás onde está montado o medidor de vazão;
- Deprimômetro ou manômetro de coluna de água na tubulação de ar de combustão;
- Termômetro ou transmissor de temperatura na tubulação de gás onde está montado o medidor de vazão;
- Poço para termômetro na tubulação de ar de combustão;
- Computador com planilha eletrônica instalada;
- Orifícios calibrados ("pastilhas") para o ajuste das vazões de GLP e ar;
- Cromatógrafo de absorção gasosa ou Calorímetro de Junkes para análise físico-química do GLP, como o Poder Calorífico Inferior (PCI), composição química e densidade a 0° C.

A abrangência de leitura dos medidores de vazão é toda a gama de equipamentos da Cerâmica Portobello, que incorpora fornos, secadores e atomizadores que consomem GLP.

O procedimento diário de leitura dos medidores de vazão é realizada pelo operador ao final do turno 3 (as 05:00 h) ou à meia noite (dependendo da unidade fabril, como é o caso da PB II/III), que coleta os dados necessários para a inserção nas planilhas eletrônicas: formato e massa por metro quadrado das peças; volume de gás consumido; pressão, temperatura, PCI e densidade do gás, e produção de peças em metros quadrados. Um modelo de planilha de consumo de GLP de um forno é apresentado no Anexo A.

O resultado calculado automaticamente pela planilha pelas equações 2.1 e 2.2 é apresentado na reunião com gerência e chefias da fábrica para avaliação dos consumos específicos em kcal/kg nos equipamentos.

Quando ocorrer desvio significativo (>10%) do consumo habitual, são verificadas as causas prováveis e, se necessário, verifica-se a aferição dos padrões de regulação dos equipamentos.

Este procedimento diário é desgastante e passível de erros quanto à leitura dos valores nos instrumentos e seu preenchimento na planilha. Portanto a Cerâmica Portobello se preocupou em automatizar este procedimento de forma a minimizar estes problemas.

## Capítulo 3: O Sistema Automático Atual de Monitoramento

### 3.1: Introdução

A empresa italiana T.T.C. (Termo Tecnica Ceramica S.p.a.) desenvolveu para a Cerâmica Portobello um sistema que monitorasse automaticamente o consumo de equipamentos a gás. Este sistema foi implementado em caráter de teste na unidade PB-III da cerâmica, e consistia basicamente num painel com dois CLPs que tinham como entradas analógicas transdutores de pressão e de temperatura e algumas entradas digitais nas quais estavam conectados contadores de vazão de gás que entra em cada equipamento. Com estas grandezas, seria possível calcular a vazão normalizada de gás. Outras entradas digitais monitoravam, via fotocélulas instaladas na carga dos fornos e secadores, a quantidade de filas que entram em cada equipamento, para o cálculo de produção. Com a vazão normalizada e a produção, podemos pela equação 2.3 calcular o consumo específico de gás em Kcal/Kg.

Um microcomputador foi instalado próximo a este painel e o mesmo tinha a função de adquirir os dados na memória do CLP. Estes valores eram adequadamente tratados de forma a graficar na tela do microcomputador a quantidade de peças produzidas em metros quadrados, a quantidade de gás consumido, e a medição de consumo em quilocalorias por quilograma de peça produzida.

Neste capítulo descrevemos este sistema, seus módulos, problemas e porquê a Cerâmica Portobello decidiu pelo remodelamento do sistema automático de monitoramento de consumo de gás.

## **3.2: Instrumentação**

Os instrumentos abaixo descritos, foram especificados conjuntamente pela empresa italiana T.T.C. e pela cerâmica e instalados apenas nos fornos da unidade PB-III (forno 8, 9 e 10) em caráter de teste do sistema. Porém as especificações são completamente satisfatórias para a implementação dos instrumentos em todos os equipamentos consumidores de gás da cerâmica, haja visto que as faixas de trabalho das grandezas a medir são idênticas a todos os equipamentos.

### **3.2.1: Contador de Vazão**

O medidor/contador da marca Elster<sup>®</sup> foi o transmissor escolhido para a medição de vazão. Este modelo é um medidor de vazão de fluidos gasosos, de deslocamento positivo, que possui um relógio medidor e um odômetro contador para a leitura visual de vazão. Este também é dotado de uma saída de contato NPN que é normalmente aberta, mas que se fecha a cada mudança do dígito do odômetro referente à resolução de 1m<sup>3</sup> de forma a poder ser utilizado como transmissor de vazão.

Este instrumento foi instalado na entrada de gás de cada equipamento, para que sua indicação seja referente à vazão real.

### **3.2.2: Transmissão de Pressão**

O transdutor escolhido para tal medição foi o transmissor de pressão piezoresistivo, a membrana afastada, da marca Niwa<sup>®</sup>. Como a pressão normal de trabalho dos equipamentos é em torno de 1,2±0,2 bar, o modelo escolhido possui uma faixa de medição de 0 a 2,5 bar.

Estes transmissores foram previamente calibrados e são periodicamente aferidos para que sua saída esteja na faixa de 4 a 20 mA linearmente referenciada a faixa de medição de 0 a 2,5 bar.

A instalação destes foi feita após os contadores de vazão para que a perda de carga do mesmo não influencie na medição da pressão real de entrada de gás no equipamento.

### **3.2.3: Transdução de Temperatura**

Os transdutores de temperaturas são termopares tipo PT100, com condicionadores de sinal calibrados e periodicamente aferidos para se trabalhar na faixa de 0 a 100 graus centígrados com saída linear de 4 a 20 mA, pois a temperatura normal do gás é na faixa de  $30\pm 10$  graus centígrados.

Foi especificado apenas um transdutor para a medição de temperatura do gás, já que não é necessário medição em cada equipamento, pois a temperatura do gás não é consideravelmente variante em toda a linha. Apenas a instalação do transdutor de temperatura do gás foi realizada, no ponto de inserção de gás no forno 10.

### **3.2.4: Fococélulas para Contagem de Filas**

Na carga de cada equipamento, foram instalados fotocélulas para que se possa contar a quantidade de filas que entram em cada equipamento. As fotocélulas especificadas foram do tipo NPN, para satisfazer as condições de ligação de entrada digital padrão dos CLPs utilizados na cerâmica.

O fotosensor escolhido foi o modelo OS100 da Sense<sup>®</sup> que possui como especificações, a distância sensora de 100mm, alvo padrão papel fotográfico branco 200X200mm (que está dentro das normas de reflexibilidade dos modelos produzidos pela cerâmica), e saídas reversíveis normalmente abertas (NA) ou normalmente fechadas (NF). Este fotosensor é amplamente utilizado na cerâmica em vários outras aplicações.

A instalação dos fotosensores foi realizada de forma a captar a passagem de filas pelos roletes de carga um pouco antes ( $\pm 200$ mm) da entrada dos fornos, e depois de todo e qualquer procedimento realizado antes da queima do produto, de forma a contemplar a confiabilidade dos valores de filas que entram no equipamento.

### **3.3: Painel de Aquisição**

Os painéis de aquisição de dados foram instalados numa área de forma a ficarem próximos aos equipamentos, mas também próximos à sala dos chefes de produção, para que a comunicação entre o computador e o CLP seja factível.

O CLP escolhido para a aquisição de dados foi o modelo CH200HS da OMRON®. A escolha deste controlador deveu-se ao fato do amplo know-how adquirido pela grande utilização da marca em todo parque industrial da Cerâmica Portobello.

O sistema inicialmente desenvolvido pela T.C.C. permite a aquisição de 12 pontos de medição de consumo. Como o alvo deste sistema abrange as unidades PB-II e PB-III, e já que cada uma possui o número de 9 equipamentos consumidores de gás (3 fornos e 6 secadores cada) que perfazem 18 equipamentos, foi necessário a aquisição de dois sistemas de aquisição. Portanto, notem o fato de que cada equipamento abaixo descritos foram instalados em dobro, e que os números especificados para cada um na verdade contemplam apenas a metade dos pontos reais de aquisição.

#### **3.3.1: Módulos de Entrada Analógica**

A unidade de entrada analógica modelo AD002 possui 8 entradas em tensão (de 1 a 5V) e 8 entradas em corrente (4 a 20 mA). Cada unidade pode codificar estas entradas analógicas em palavras binárias de 12 bits ou em código decimal (BCD). O máximo tempo de conversão por entrada é de 2,5 ms. Elas podem ser endereçadas de 0 a 9 através de um seletor no painel frontal da unidade.

Foram adquiridos duas unidades para cada CLP, visto que o sistema inicialmente foi especificado para adquirir dados em 12 pontos.

### 3.3.2: Controladores Lógico-Programável (CLP)

Os elementos essenciais que compõem um sistema C200HS são os seguintes:

- A CPU (Unidade central de processamento);
- Um ou mais módulos de entrada/saída;
- Rack sob o qual alojamos a CPU e os módulos de entrada/saída;

A especificação e montagem do sistema C200HS adotado para o projeto da empresa T.C.C. conta com uma CPU, dois módulos de entrada digital e dois módulo de entrada analógica AD002 (lembrando que isto para cada um dos dois painéis).

A memória do CLP é dividida em área de programa e áreas de dados. Esta memória é do tipo EPROM.

Se considera um valor numérico numa memória do CLP, seu conteúdo em um canal de 16 bits. Se dividirmos este canal em 4 partes, poderemos ter os dados em formato decimal (BCD) ou hexadecimal (HEX), em cada grupo de 4 bits.

A Tabela 3-1 mostra algumas áreas de dados usados no projeto e seu respectivo espaço de endereçamento [7].

Área	Endereços	Descrição
I/O	000..029	Os canais associados a cada módulo de entrada/saída
IR	030..0246	Relés internos de entrada
DM	0000..0999	Área de dados que podem ser escritos pelo programa
	1000...1999	Área de dados que não podem ser escritos pelo programa

Tabela 3-1

Toda a extensão da memória de dados (DM0000...DM1999) podem ser escritos com o console de programação ou pelo computador via transmissão de dados pela interface Host-Link [8].

### 3.4: Programa do CLP

O CLP possui um programa no qual, para cada pulso nas entradas dos canais 0 e 1 (pulso das fotocélulas) nos módulos de entrada digitais, um temporizador é acionado. Este temporizador tem como propósito reconhecer que o pulso está dentro de um padrão que relaciona este com a presença de uma peça, para evitar possíveis leituras enganosas. Ao se reconhecer este como padrão, um contador interno é incrementado. O valor deste contador é lido a cada loop de programa e realocado a um endereço específico de memória. Desta forma, estas funções permitem ao CLP servir como “contador de peças”. Caso o padrão não seja reconhecido, um bit de alarme referente à fotocélula em questão é setado a 1 [9].

Para as entradas analógicas, o CLP simplesmente captura seus valores e os realoca em uma posição de memória específica.

A tabela abaixo relaciona cada entrada a seu endereço de memória específico:

Contadores de Gás	Endereço	Contadores FTC	Endereço	Transdutores de Pressão	Endereço
01	DM 0101	01	DM 0201	01	DM 0301
02	DM 0102	02	DM 0202	02	DM 0302
03	DM 0103	03	DM 0203	03	DM 0303
04	DM 0104	04	DM 0204	04	DM 0304
05	DM 0105	05	DM 0205	05	DM 0305
06	DM 0106	06	DM 0206	06	DM 0306
07	DM 0107	07	DM 0207	07	DM 0307
08	DM 0108	08	DM 0208	08	DM 0308
09	DM 0109	09	DM 0209	09	DM 0309
10	DM 0110	10	DM 0210	10	DM 0310
11	DM 0111	11	DM 0211	11	DM 0311
12	DM 0112	12	DM 0212	12	DM 0312

Estes valores estão disponíveis numa região de memória na qual o CLP disponibiliza a leitura via comunicação serial, pelo padrão RS-232C, através de um protocolo próprio (Sysmac).

### 3.5: Protocolo de Comunicação

Qualquer modelo de CLP Omron Sysmac (inclusive o C200HS) é provido de um protocolo de comunicação na qual podemos interligar CLPs em rede ponto a ponto ou conectar um CLP a um computador. Esta última opção, é denominada conexão Host-CLP.

Para a comunicação Host-CLP, o meio é a leitura e escrita de cadeias ASCII padrão RS-232C via porta serial. O formato da cadeia deverá ser do tipo [8]:

@	X	X	X	X	X	...	X	X	X	*	CR
	Número do Nodo (CLP)		Código do comando		Dados (comando)			Verificação de erros		ASCII 13	
	2 Bytes		2 Bytes		Até 216 Bytes			2 Bytes			

Após o comando ser enviado para o CLP via serial, este o processa e retorna uma resposta do mesmo tipo. Esta resposta possui o mesmo cabeçalho (@ + no. do nodo + código do comando) e o mesmo final (\* + CR). Porém os dados do requerido comando virá no campo variável de estrutura de dados.

Para a aplicação específica de leitura do CLP, iremos utilizar apenas os comandos:

Inicialização de Comunicação: @\*\*CR

Leitura do Canal DM (de DM 0101 a DM 0112):

@	0	0	R	D	0	1	0	1	0	0	1	2	5	5	*	CR
Cabeçalho	Número do do Nodo		Leitura de DM	A partir do DM 0101				Ler 12 endereços		Verificação de Erro		Fim de Bloco				

A leitura dos outros blocos de DM, se dá com o mesmo tipo de comando.

### **3.6: O Software Gasauto**

A função do programa Gasauto é a de obter os dados de consumo de gás e de produção de 12 pontos controlados a partir dos dados referentes ao trânsito de material e aos impulsos do contador de gás, além da pressão do mesmo [9].

Possui telas de visualização dos dados adquiridos, visualização de gráficos e uma tela para configuração do formato da fila, peso do material, P.C.I., entre outros, que devem ser informados no momento da troca.

### **3.7: Problemas com este sistema**

O sistema projetado e implementado pela T.T.C., possuía algumas e sérias limitações. Uma delas é o fato de que o software instalado no microcomputador gerente do sistema (Gasauto) gerava uma enorme quantidade de alarmes que, como eram salvos indeterminadamente no disco rígido da máquina, ocupavam todo o seu espaço. Quando isto ocorria, o sistema não era mais capaz de salvar informações, o que gerava uma falha geral no programa (GPF).

Outra limitação era o fato de que uma parte das informações geradas pelo sistema não eram utilizadas, e outras informações importantes para a empresa não eram disponibilizados pelo sistema. Podemos citar como principal exemplo, a limitação de que a indicação de ocorrência de trocas de formato (essenciais para o cálculo de produção, que veremos nos próximos capítulos), teria que ser efetuada por um operador no exato momento da troca.

As limitações do sistema fizeram com que a Cerâmica Portobello deixasse de utilizá-lo como ferramenta para a gestão do consumo de gás. Para que o emprego de recursos e equipamentos disponibilizados para tal não fossem sucateados, propôs-se uma reavaliação e melhoria deste sistema.

## **Capítulo 4: O Sistema Desenvolvido - AutoVisGas**

### **4.1: Introdução**

Neste capítulo, apresentaremos uma proposta de arquitetura para um sistema substituto ao antigo, com as justificativas para as modificações e para a reutilização de parte do sistema antigo.

### **4.2: Metodologia**

Utilizamos como metodologia de desenvolvimento, para todo o sistema, a técnica de projeto orientado a fluxo de dados. Isto se deveu ao fato de verificarmos, num primeiro contato com o problema, que o sistema deveria se constituir num transformador de dados [10]. As informações colhidas pelo CLP dos equipamentos deveriam ser adquiridas por um equipamento que pudesse fazer as devidas transformações. O equipamento escolhido foi um microcomputador pessoal, padrão IBM, no qual rodaria um software que fizesse tanto esta aquisição quanto as transformações necessárias.

Com um ponto de partida usando um modelo teórico através de diagramas de fluxo de dados, o desenvolvimento propriamente dito do projeto foi realizado utilizando a metodologia Botton-Up. Para cada um dos módulos foram definidos requisitos para que sua funcionalidade fosse bem definida. Esses módulos funcionais foram um a um sendo projetados, desenvolvidos e testados. Desta forma pudemos realizar este projeto da forma mais simples, rápida e prática possível.

Ao longo deste e dos seguintes capítulos a metodologia de desenvolvimento e a lógica do sistema e de cada um de seus módulos irão ser descritas para o entendimento da solução proposta.

Para que pudessemos efetuar a especificação das transformações, realizamos algumas pesquisas e reuniões com os clientes do sistema, durante o período inicial do estágio.

### 4.2.1: Requisitos do Sistema

Um levantamento junto os clientes do sistema foi realizado de forma a especificar o conjunto de entradas e saídas que seriam levados em conta para o desenvolvimento do projeto. Para o cliente "Engenharia Industrial", os dados importantes para sua gestão seriam os valores relativos ao consumo específico de cada forno ou secador, calculados por hora. Isto se deve ao fato de que toda a regulagem dos grandes equipamentos de fábrica serem realizados pelo setor de Engenharia Industrial. Com estes dados, eles poderiam decidir qual equipamento necessita alguma de regulagem para que seu consumo específico seja o ideal para os seus propósitos.

Para os chefes de mini-fábricas (responsáveis pelo chão-de-fábrica), os dados relevantes seriam a produção e consumo específico calculados também por hora, para um acompanhamento de falhas e quedas de produção, espaço vazio em forno, paradas de forno e gerenciamento de consumo.

O cliente "Informática e Sistemas" que é responsável, entre outras coisas, pela aquisição e distribuição de informações gerenciais da empresa, estaria interessada principalmente pela produção em metros quadrados de cada forno, e o consumo em quilogramas de gás por cada fábrica, valores estes que são de suma importância para a avaliação de custos de produção.

Visando atender a todos os clientes em potencial do sistema, a avaliação de quais resultados que devem ser apresentados levou a um rol de cinco grandezas:

- Produção em Metros Quadrados;
- Produção em Quilogramas de Massa;
- Consumo de Gás em Quilogramas;
- Consumo de Gás em Quilocalorias;
- Consumo Específico em Quilocalorias por Quilograma de Produto.

As grandezas deveriam ser disponibilizadas por hora e por dia, ao final de cada dia de produção (que termina às cinco horas) para a consulta por todos os clientes do sistema. Esta consulta poderia ser feita levando em consideração a importância de cada informação para cada setor, e da forma a eles mais interessante.

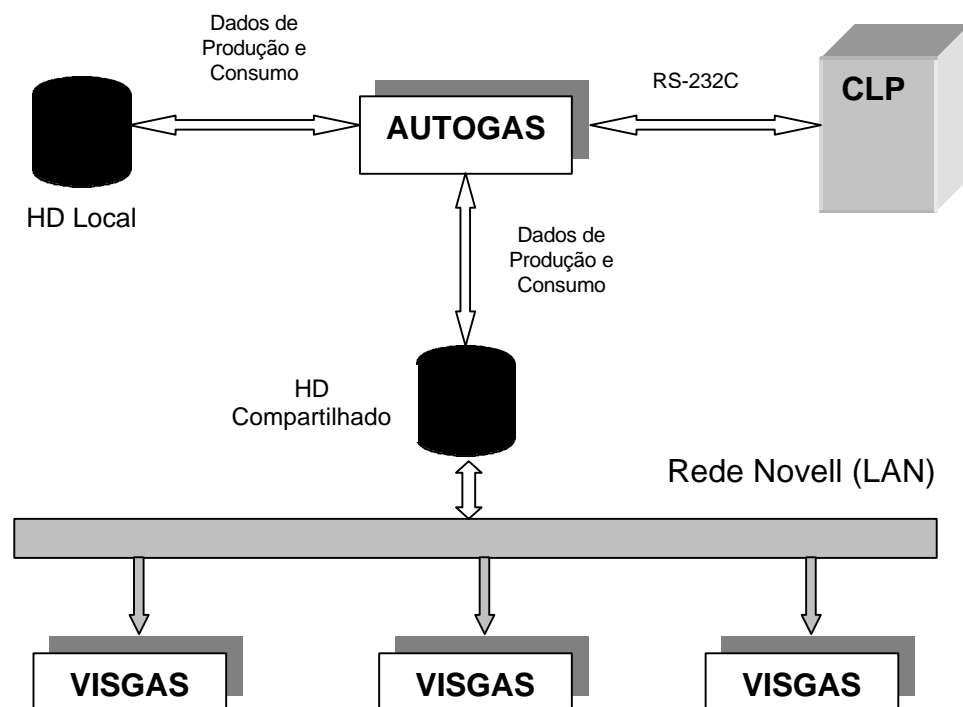
Estas informações, uma vez disponíveis, deveriam ser salvas de forma a poderem ser utilizadas a qualquer momento pelos usuários. Assim, um histórico de produção e consumo deve ser gerado. Este histórico teria que ter a validade de um ano, não sendo mais relevante os dados anteriores a este período.

A disponibilização destas informações devem ser de forma visual, através de gráficos e tabelas que permitam a identificação rápida de anomalias e conseqüentemente uma ação gerencial de controle com foco no problema visualizado.

Considerando que os principais problemas com o antigo sistema estivesse basicamente concentrados no software de monitoramento, e que os dados adquiridos pelo CLP fosse (a primeira vista) altamente confiáveis e robustos, decidiu-se reavaliar apenas o modelo de arquitetura do sistema, e o próprio software de gestão. Como a empresa não possui o código fonte do software do sistema antigo, foi decidido pelo projeto e implementação de um novo programa de aquisição de dados do CLP.

### **4.3: Topologia do Sistema**

A arquitetura do novo sistema, foi projetado levando em consideração características necessárias para atender a todas as especificações do sistema. Sua estrutura é esquematicamente descritas na figura 4.1.



Um novo software de aquisição de dados do CLP foi desenvolvido. Ele se comunica com o CLP via comunicação serial pelo do padrão RS-232, através do protocolo de comunicação Omron-Sysmac estudado e descrito no item 2,5. Sua localização física deverá ser a mesma do antigo sistema, apenas sendo substituído o microcomputador na qual ele estará rodando por um PC Pentium 120 MHz, devido à estratégia de renovação de máquinas da empresa.

Como especificação da própria empresa, o software foi desenvolvido pra rodar no sistema Microsoft Windows 95<sup>®</sup> ou superior, por livres do bug do ano 2.000, e serem compatíveis com a rede Novell utilizada pela Portobello.

Este software, apelidado de AutoGas (software de aquisição automática de dados sobre produção e consumo de gás), deverá exportar os dados adquiridos e previamente calculados, através de um drive de rede, onde um diretório específico foi criado para tais dados serem arquivados. Este diretório estará acessível à conta de rede do microcomputador na qual o software estará rodando, e nas contas dos usuários interessados nos dados provenientes do sistema.

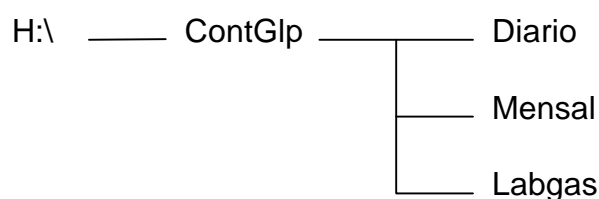
Para que os usuários possam visualizar os dados, foi desenvolvido um software de visualização, apelidado de VisGas. Este software, cujo executável será gravado num local específico da rede, poderá ser rodado em qualquer máquina da empresa (em Microsoft Windows 95), através do acesso garantido pela sua conta de rede. Assim, basta o usuário se logar a sua conta de rede, que o programa de visualização estará disponível pra sua utilização.

O desenvolvimento dos dois softwares foi realizado, utilizando como ferramenta, o ambiente de programação Borland Delphi, em sua versão I. A escolha deste, deveu-se ao fato de que, além de possuir gratuidade de utilização (freeware), também possui ampla utilização tanto na própria empresa, quanto no meio acadêmico e industrial. A linguagem Pascal na qual os programas em Delphi são desenvolvidos, é notoriamente difundida.

Para o fluxo de informações entre os dois softwares, foi criado um próprio protocolo, cuja sua definição por tipo de dados segue abaixo (em Pascal):

```
TDados_CLP = record
    Hora      : Byte
    Prod      : Real;
    KgPeca    : Real;
    KgGas     : Real;
    KCal      : Real;
end;
```

Arquivos com esta estrutura de dados serão gerados pelo software AutoGas a partir dos dados coletados pelo software, salvos em seu próprio disco rígido, e gravados em arquivos no diretório específico no driver de rede, para a disponibilização dos usuários clientes através do VisGas. Especificamos a estrutura de diretórios no driver da rede como sendo:



Especificamos os nomes dos arquivos como sendo da forma:

Para arquivos diários, no diretório ..\dados\diario

<b>A</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>_</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>.</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>T</b>
Tipo	Código do Equipamento			Dia		Mês			Extensão		

Que irá conter um record para cada hora do dia. Por exemplo, se o arquivo se refere aos dados diários do secador 15 no dia 21 de Setembro, seu nome irá ser:

***S15\_2109.dat***

Para arquivos mensais, no diretório ..\dados\mensais

<b>A</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>_</b>	<b>M</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>.</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>T</b>
Tipo	Código do Equipamento			Mês				Extensão		

Que irá conter um record para cada dia do mês. Por exemplo, um arquivo com o nome de:

***F08\_nov.dat***

Refere-se aos dados do forno 8 no mês de novembro.

## Capítulo 5: O Software AutoGas

### 5.1: Introdução

O software AutoGas, é o responsável, no sistema AutoVisGas, em extrair os dados adquiridos pelos CLPs dos equipamentos consumidores de gás, fazer os cálculos de produção e consumo, e exportar estes dados para a rede.

Neste capítulo, iremos detalhar as funcionalidades deste software, descrevendo seu desenvolvimento.

#### 5.1.1: Definições de Fronteiras

As fronteiras que foram definidas para este módulo específico do sistema, cercam em torno de entradas e saídas especificadas:

Entradas:

- Dados do CLP (filas, vazão, pressão, temperatura e alarmes);
- Dados de configuração;
- Comandos do painel;
- Arquivo de trocas de formato.

Saídas:

- Arquivo de dados diários;
- Arquivo de dados mensais;
- Arquivo de LOG de alarmes;
- Painel cinético;
- Comandos para o CLP.

Estas entradas e saídas descritas acima, geram um diagrama de fluxo em um primeiro nível do sistema, que é mostrada na figura 5.1 [10].

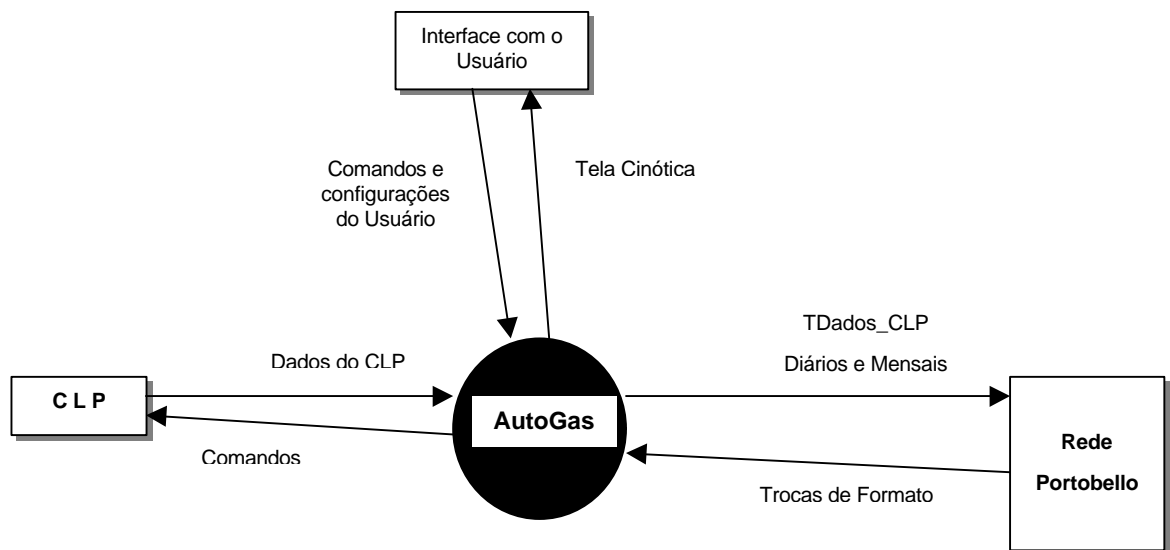


Figura 5.1

### 5.1.2: Outras Definições

Foram definidos como constantes relacionadas aos equipamentos:

Equipamento 1 : Secador 9

Equipamento 10 : Secador 18

Equipamento 2 : Secador 10

Equipamento 11 : Secador 19

Equipamento 3 : Secador 11

Equipamento 12 : Secador 20

Equipamento 4 : Secador 12

Equipamento 13 : Forno 5

Equipamento 5 : Secador 13

Equipamento 14 : Forno 6

Equipamento 6 : Secador 14

Equipamento 15 : Forno 7

Equipamento 7 : Secador 15

Equipamento 16 : Forno 8

Equipamento 8 : Secador 16

Equipamento 17: Forno 9

Equipamento 9 : Secador 17

Equipamento 18 : Forno 10

Esta definição facilita a programação pois referenciamos apenas os números de 1 a 18, e com eles abstraímos os equipamentos.

## 5.2: Comunicação com o CLP

Para extrair os dados do CLP, utilizamos o protocolo de comunicação Sysmac (Ítem 3.5). O agente desta comunicação utilizado foi o componente Delphi CommDrv16, freeware [<http://sunsite.icm.edu.pl/delphi>], que gera uma classe denominada TCommPortDriver. Sua utilização deveu-se pela facilidade de uso, de métodos simples, e de razoável robustez e confiabilidade.

Foram criados dois objetos para o problema: um para o CLP A (dos fornos) e o outro para o CLP B (dos secadores). Como no hardware, o CPL A foi conectado à porta de comunicação COM 1, e o CPL B foi conectado à COM 3, determinamos os nomes dos objetos de Comm1 e Comm3.

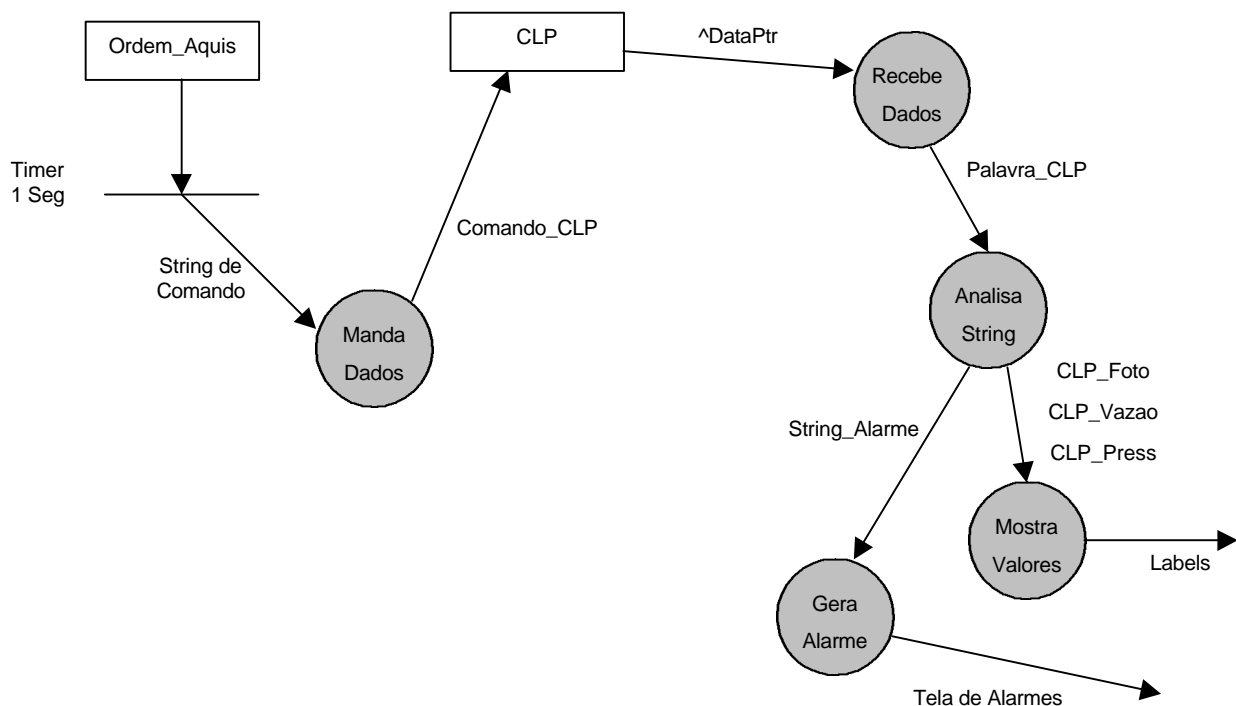


Figura 5.2

Como regra o protocolo, uma cadeia de caracteres, uma vez jogada na porta de comunicação, é lida pelo CLP, processada, e sua resposta retorna a mesma porta [8].

O tempo de processamento varia de acordo com o tamanho do programa do CLP, e de seus estados internos [7]. Este tempo não pode ser previsto com clareza.

Por estas características, foi definido a comunicação de forma a se enviar o comando ao CLP e "escutar" em espera a resposta ao comando.

A implementação desta comunicação se deu utilizando dois procedimentos. O primeiro é o procedimento de envio de comandos pela porta de comunicação. Para cada um dos objetos, um método foi criado da forma:

```
procedure Manda_Dados( const comando_clp: String );
```

que se utiliza como herança o método `SendString` da classe `TCommPortDriver`. Como ambas as portas estão conectadas pela mesma interrupção de Hardware (irq 5), tivemos que implementar também uma desabilitação de um objeto em relação ao outro neste procedimento, para que não ocorresse conflitos de hardware.

Quem dispara este procedimento de comunicação é o objeto `Timer`, da classe `TTimer` do Delphi [11]. Este objeto, que possui um tempo evento de 1 segundo, realiza um swap da variável `Ordem_Aquis`, que varia entre 1 e 8. Esta variável é quem indica que aquisição é realizada. Foram definidos os valores de `Ordem_Aquis` como:

1. Leitura dos contadores de vazão do CLP A;
2. Leitura dos contadores de vazão do CLP B
3. Leitura do número de filas do CLP A;
4. Leitura do número de filas do CLP B;
5. Leitura dos valores analógicos do CLP A;
6. Leitura dos valores analógicos do CLP B;
7. Leitura dos Alarmes do CLP A;
8. Leitura dos Alarmes do CLP B;

Para o recebimento da resposta do CLP, um spool foi criado utilizando a interrupção de software (event) gerada cada vez que chega uma palavra pela porta de comunicação ativa. O procedimento disparado por esta interrupção tem como cabeçalho:

```
procedure CommReceiveData(Sender: TObject; DataPtr: Pointer; DataSize: Integer);
```

onde DataPtr é um ponteiro que indica a posição de memória onde encontramos a resposta do CLP, e DataSize é o tamanho desta resposta [11]. Este procedimento concatena os bytes de chegada, gerando uma cadeia de caracteres (string). Essa string criada numa variável palavra\_clp é utilizada por um outro procedimento que é da forma:

```
procedure AnalisaString( var palavra_clp: String );
```

Este procedimento se utiliza da variável Ordem\_Aquis para poder identificar que tipo de dados a variável palavra\_clp contém. Uma vez identificado, faz-se a análise dos dados e a atualização das matrizes de variáveis que seguem, um para cada dos 18 equipamentos:

```
CLP_Foto,
```

```
CLP_Vazao: Array[1..18] of LongInt; { por serem inteiros }
```

```
CLP_Press: Array[1..18] of Real; { por ser real }
```

Quanto aos alarmes, ambos os strings de dados são concatenados na variável str\_alarmes. Esta será analisada pelo procedimento Alarme, que descreveremos mais adiante.

Para ilustrar o funcionamento desta comunicação, veremos um caso prático. Suponhamos que o AutoGas esteja com sua variável Ordem\_Aquis setada em 3. Quando disparado o evento Timer (que ocorre a cada segundo), o comando:

```
Manda_Dados1 ('@00RD0201001256*');
```

é enviado. O cabeçalho '@00RD' indica que um comando de leitura de dados (Read Data - RD) é solicitado ao endereço 00 da porta Com1. Os dados que deverão ser lidos são, a partir do endereço DM 0201, 12 posições de memória, que equivale à subcadeia '02010012'. O sufixo '56\*' indica o término de transmissão com validação de dados.

O programa continua a rodar naturalmente, até a chegada de dados pela porta de comunicação. Quando isso ocorre, a interrupção CommReceiveData é disparada, e a resposta é inserida na cadeia string palavra\_clp. Suponhamos que esse valor seja:

```
palavra_clp := '@00RD00000000000000001340129014100000000000000000000000000000056*';
```

O procedimento Analisa\_String irá saber, pela variável Ordem\_Aquis que se trata de dados de filas de peças contados pelo CLP A. Com isto, irá dividir esta cadeia em pequenas strings, e fazer a conversão para números inteiros, nas posições variáveis da matriz CLP\_Foto, que irá conter valores dos contadores. No exemplo, temos (para valores não nulos):

```
CLP_Foto[4] := 0134;    { 134 filas no forno 8 }  
CLP_Foto[5] := 0129;    { 129 filas no forno 9 }  
CLP_Foto[6] := 0141;    { 141 filas no forno 10 }
```

### **5.3: Interface com o Usuário**

A tela de interface com o usuário tem como função principal manter os dados de aquisição disponíveis para a consulta. A sua apresentação compreende quatro painéis, como ilustrada na figura 5.3.

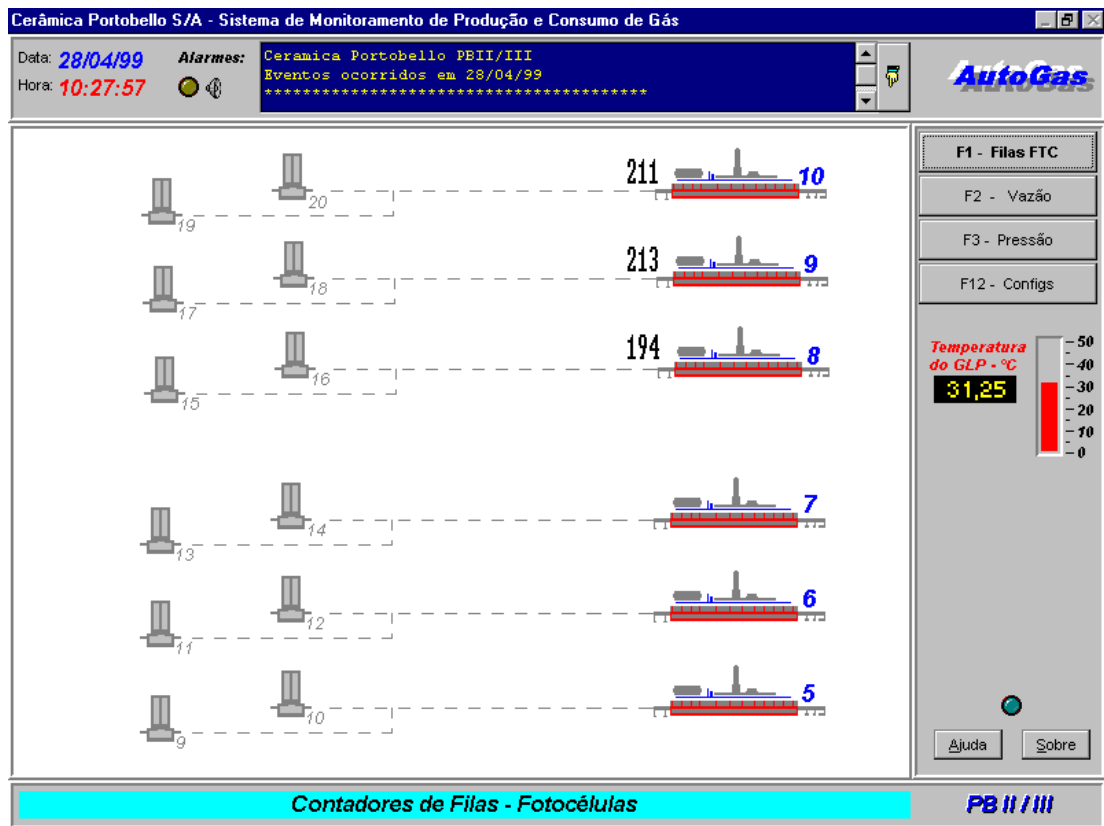


Figura 5.3

O painel superior possui um relógio que informa a hora e a data atual, indicadores de alarme e um painel visualizador de alarme. No canto direito da tela, temos um painel que possui o valor da temperatura do gás em graus centígrados, e os botões na qual o usuário possa escolher qual grandeza quer visualizar. São disponíveis os contadores de filas, os contadores de vazão em m<sup>3</sup>, e o valor de pressão em bar. A escolha atual, ou seja, a qual grandeza está se referindo os valores numéricos, é mostrada no painel inferior.

O painel central possui um desenho esquemático da planta das unidades PBII/PBIII, com seus fornos e secadores, e um número que irá indicar o valor correspondente à grandeza escolhida no momento.

O procedimento:

```
procedure TForm_AutoGas.MostraValores(Sender: TObject);
```

se encarrega de atualizar os valores de tela (labels) com os valores registrados nas matrizes de variáveis do CLP; porém apenas para os equipamentos ativos pela tela de configuração (fig. 5.5). Assim, o usuário tem a noção exata de quais equipamentos possuem variáveis sendo adquiridas e qual o valor de sua aquisição.

## 5.4: Painel de Configuração

Da tela principal do AutoGas, podemos acessar uma tela de configuração. Para este acesso, é necessário a apresentação de uma senha. Isto deve ao fato de que os valores contidos na configuração só poderão ser modificados por usuários autorizados, pois são de suma importância para o resultado do sistema. Esta senha é salva num arquivo de formato texto, criptografado, escondido no diretório do sistema.

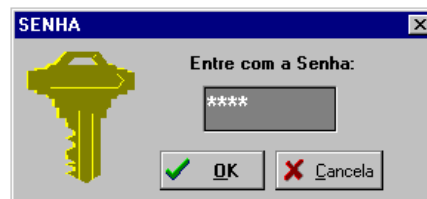


Figura 5.4

Um arquivo de inicialização (autogas.ini) foi criado para que não se percam os dados de configuração em caso de reinicialização do sistema. Sempre que o sistema inicializa, o procedimento FormCreate executa o carregamento dos valores no arquivo de inicialização para as variáveis do sistema. Um exemplo de configuração deste arquivo é mostrado no Anexo B.

Na primeira tabulação da tela de configuração, encontramos um rol de checkboxes pela qual podemos habilitar ou desabilitar a aquisição e exportação de cada equipamento da planta. Estes valores booleanos são gravados no arquivo de inicialização.



Figura 5.5

Na tabulação denominada Exportação, podemos escolher em que horário irá ser realizado a exportação de dados, e em qual o diretório estes dados estarão disponíveis. Isto facilita a futuras modificações do sistema de informações da empresa. Também estes dados são gravados no arquivo de inicialização.

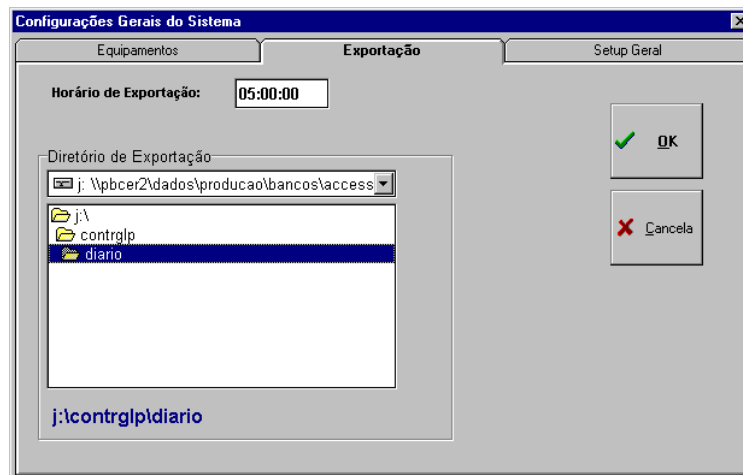


Figura 5.6

Numa outra tabulação, podemos modificar os valores de constantes presentes na fórmula do cálculo de consumo (Equação 2.2). Estes valores digitados não poderão ultrapassar máximos e mínimos preestabelecidos. A tela nesta tabulação é mostrada na figura abaixo. Todos estes valores são gravados no arquivo de autogas.ini.

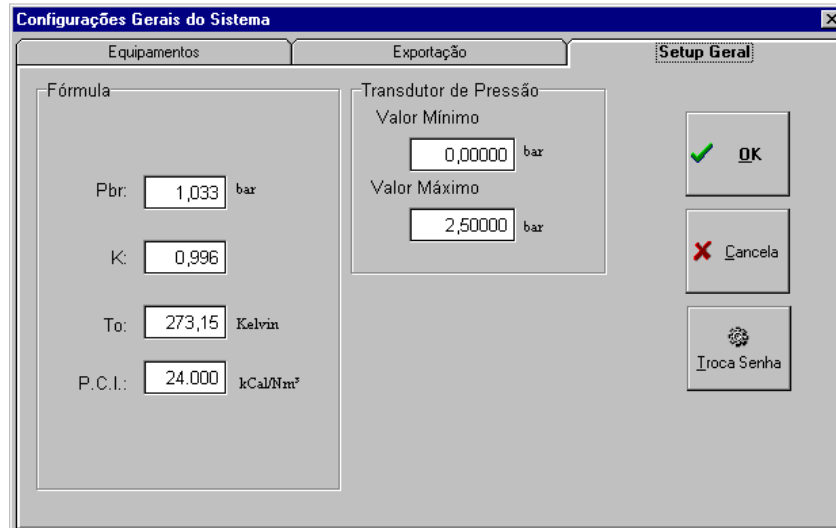


Figura 5.7

## 5.5: O programa LabGas

Foi desenvolvido um software auxiliar ao sistema, denominado LabGas. Este software roda em qualquer computador da rede, no padrão Windows 3.1 ou superior, na conta de técnicos especializados. A função deste pequeno software é disponibilizar a alteração dos dados colhidos do laboratório para o sistema AutoVisGas.

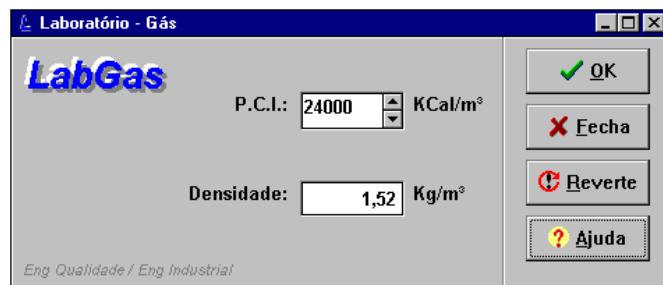


Figura 5.8

Quando o resultado laboratorial de densidade e poder calorífico do gás estiver disponível, um técnico especializado que possui acesso a este software em sua conta irá poder fazer as modificações dos valores relatados no laudo laboratorial.

Ao se inicializar o software, ele captura da rede os valores atuais de PCI e densidade que estão registrados no arquivo labgas.ini e disponibiliza estes valores na tela. Uma vez feita as alterações dos valores, estes são atualizados no arquivo de rede. O texto abaixo é uma reprodução do arquivo LABGAS.INI que traz consigo informações dos parâmetros do gás que são passados ao software AutoGas via drive compartilhado de rede.

```
[Formula]
PCI=24000
Densidade=1,52
```

O motivo do desenvolvimento deste software, é a facilidade de modificação remota dos parâmetros da fórmula que é executada pelo AutoGas.

## 5.6: Procedimento Horário

Sempre que o relógio do sistema registrar uma hora completa, ou seja, XX:00, um procedimento horário irá ser disparado. A função deste procedimento é gravar os dados da hora que se passou (XX - 1) num arquivo de dados no disco rígido do computador local. Isto foi realizado por motivos de segurança para casos de pane no sistema, na rede ou outros problemas eventuais.

Para cada equipamento  $i$  ativo, temos um Record definido como:

```
Dados.Hora := h;    { valor da hora XX-1 }
Dados.Prod := CLP_Foto[i];  { número de filas }
Dados.KgPeca := 0;    { será realizado o cálculo de quilograma mais tarde }
Dados.KgGas := KgGas_h ( Nm3_h(CLP_Vazao[i], CLP_Press[i], Temp_Gas) , Dens_Gas);
Dados.KCal := KCal_h ( Nm3_h(CLP_Vazao[i], CLP_Press[i], Temp_Gas) , PCI_Gas) ;
```

Onde as funções KgGas\_h e KCal\_h retornam os valores de quilograma e quilocalorias de gás calculados com os parâmetros Dens\_Gas e PCI\_Gas (colhidos da rede no arquivo autogas.ini) e o retorno da função Nm3\_h que é a implementação da Equação 2.2.



A produção de peças cerâmicas tanto nos secadores quanto nos fornos são realizadas em lotes que mudam seu formato numa frequência que varia de duas horas até alguns meses, dependendo do planejamento de produção. Quando um evento de troca de formato nestes equipamentos ocorre, um operador anota este relatando o momento da troca e o tipo de peça que foi posto em produção.

Ao cabo de um turno, este operador relata estes eventos para o Sistema de Informações de Produção (S.I.P.), através de um software específico desenvolvido pelo sistema de informática da empresa. Estes eventos são registrados no banco de dados da cerâmica para vários fins.

O sistema AutoVisGas se utiliza destes registros de trocas de formato no banco de dados da empresa para avaliar indiretamente a área e peso de peças numa hora. Todo dia, sempre antes do horário programado para o procedimento TodoDia do AutoGas (5.4), um procedimento roda em uma máquina do setor de informática que irá disponibilizar na rede, em um diretório específico com leitura habilitada apenas para a conta do sistema AutoGas, um arquivo do tipo texto nomeado com o mês e ano das trocas (por exemplo, abr1999.txt).

Este arquivo contém as linhas como sendo cada evento de troca de formato, e separados por ponto-e-vírgula (;) temos os seguintes dados convertidos em formato record do pascal pelo procedimento PegaTrocas:

```
TTrocas = record  
  
    equip : string[2];           { Tipo de Dados de Troca }  
  
    dia : string[10];          { gerados pela informática }  
  
    hora : string[5];  
  
    form : string[2];  
  
end;
```

Por exemplo, se temos a linha:

*23;21/04/1999;15:08;16*

Isto significa que o formato 30X30 (código 16) entrou no forno 10 (código 23) no dia 21 de abril, às 15:08.

Um fator importante é que este procedimento na informática deverá gerar um evento de troca de formato a meia noite, mesmo que este fato não ocorra. Por exemplo, se o secador 19 está processando sempre o formato 30X30 num período, mesmo assim deverá ser relatado como abaixo:

*17;15/04/1999;00:00;16*

*17;16/04/1999;00:00;16*

*17;17/04/1999;00:00;16*

*17;18/04/1999;00:00;16*

*17;19/04/1999;00:00;16*

Isto evita a recursão a dados anteriores para o cálculo indireto de peso e área, ficando evidenciado o tipo de peça que está sendo sempre processado pelo equipamento.

### **5.7.2: Procedimento CalculaTrocas**

Este procedimento realiza a função de calcular a área e peso que entrou em cada equipamento numa determinada hora. Inicialmente, o procedimento realiza a leitura dos dados registrados pelo sistema no dia anterior pelo procedimento TodaHora, que estão salvos no disco rígido.

Se em uma determinada hora não ocorre evento de troca de formato, a área de peças que foram processadas naquela hora é a multiplicação simples do número de filas que entraram no equipamento pela área de cada fila de peças do tipo atual naquela hora.

Se ocorre troca em alguma hora, a área de peças naquela hora é a soma das áreas relativas a cada período, calculadas pela multiplicação da área de cada fila de peças (do formato naquela fração) pela fração de filas relativas aos minutos que elas entraram no equipamento.

Suponhamos que num determinado dia (17 de novembro), a única troca de formato no forno 7 que tenha ocorrido foi do formato 30X30 para o formato 30X40 as 15:40. O arquivo de troca de formato irá conter as linhas:

*11;17/11/1999;00:00;16*

*11;17/11/1999;15:40;18*

No dia 18/11, o software AutoGas irá rodar o procedimento TodoDia, que irá ler estes dados, e os registros de filas no arquivo f07\_1711.dat referentes ao dia anterior. No primeiro horário do dia, como não ocorreu troca, uma simples multiplicação do número de filas que entraram no forno pela área referente a uma fila de peças 30X30 irá resultar na área que entrou naquela hora. Isto é realizado para as horas seguintes, uma a uma.

Quando o procedimento localiza uma troca de formato as 15:40, ele fraciona as filas que entraram no equipamento da seguinte forma (suponhamos que na hora 15 entrou 300 filas no forno 7): 200 filas do formato 30X30, e 100 filas do formato 30X40. Assim, basta ao sistema somar a área relativa aos primeiros 40 minutos com a área do outro formato nos minutos seguintes.

Já a partir da 16<sup>a</sup> hora a área por hora é a multiplicação do número de filas pela área de uma fila do formato 30X40. Estes valores já considerando a troca de formato são gravados no diretório de rede já prontos para a visualização. O nome destes arquivos se mantém o mesmo (no exemplo, f07\_1711.dat), porém em outro diretório. (h:\contrgpl\mensal\f07\_1711.dat)

Convém observar que o histórico da Cerâmica Portobello não contém mais do que uma troca de formato em um equipamento em uma única hora.

## **5.8: Sistema de Alarmes**

Os fornos de uma cerâmica são o coração da sua produção. E sua construção foi projetada para sempre possuir peças cerâmicas em seu interior. Por este motivo, existe uma grande preocupação que os fornos não possuam os chamados "buracos", que é a falta de peças dentro deles.

No programa do CLP desenvolvido pela empresa T.C.C., foi inserido 24 temporizadores (um para cada ponto de aquisição discreta, 12 para as fotocélulas e 12 para os contadores de vazão) que têm como disparador a entrada digital referente ao ponto.

Se o tempo entre dois disparos ultrapassar um certo valor máximo programado, um alarme irá ser setado para o ponto. A este foi dado o nome de "tempo time-out" (tempo de time-out), e reflete que uma peça está presa na carga do forno, ou sujeira na fotocélula ou então falta de peças na carga. Portanto, reflete buraco no forno. Para o contador de vazão, este alarme pode refletir forno desligado por falta de gás.

A programação dos tempos é dada pela escrita na região de memória entre DM 0021 e DM 0032. Se ocorrer de uma entrada analógica ter o valor de 0 mA, que reflete circuito aberto, um alarme de transdução é setado para o referido transdutor.

Caso algum alarme esteja presente, o valor do DM 0400 é diferente de zero, e o específico alarme está nos bits dos DM 0401 (time-out), DM 0402 (transdutor de pressão) e DM 0403 (contador de gás).

O software AutoGas faz a leitura do DM 0400 e se este for diferente de zero, ele verifica qual bit dos outros endereços é setado a um. Então o programa gera um alarme sonoro e uma indicação visual com uma frase na tela de alarmes.



Figura 5.9

O procedimento TodoDia do software AutoGas também salva um arquivo de alarme num diretório de rede (..\ContrGlp\Alarmes\), com os valores strings contidos na tela de alarme para futuras consultas.

Simulamos eventos de alarme durante o dia 28 de Abril de 1999, e reproduzimos neste anexo. Note que isto é apenas uma simulação, pois não houve alarmes durante a fase de start-up do projeto até o momento.

{a\_2804.alr}

```
Ceramica Portobello PBII/III
Eventos ocorridos em 28/04/99
*****
10:47:50 - Modificação no Config
10:50:04 - Modificação no Config
10:50:11 - Timeout FTC do Forno 08
10:50:11 - Timeout FTC do Forno 09
10:50:11 - Timeout FTC do Forno 10
10:50:20 - Modificação no Config
10:50:30 - Alarme Sonoro Desligado
10:53:06 - Senha Inválida = teste
11:34:59 - Modificação no Config
11:35:30 - Modificação no Config
11:35:36 - Modificação no Config
11:35:51 - Modificação no Config
29/04/99 05:00:00 - Exportação : 3 equipamentos
*****
```

## Capítulo 6: O Software VisGas

### 6.1: Introdução

O Software AutoGas foi desenvolvido com a motivação de se desejar a visualização dos dados por gráficos e tabelas (4.2.1)

Os dados arquivados no diretório da rede pelo software AutoGas estão em um formato binário, definido pelo record TDados\_CLP (4.3), não podendo ser alterados pois este diretório é *somente leitura* para todos os usuários da rede. O software VisGas faz a leitura destes arquivos que possuem dados dos equipamentos e disponibiliza estes dados por meio de gráficos ou tabela.

Neste capítulo iremos descrever este software através de suas telas, com a descrição de sua funcionalidade.

### 6.2: Tela Principal

O Software VisGas foi desenvolvido por um projeto de aplicativo Delphi do tipo MDI (Multiple Document Interface – Interface de Documentos Múltiplos) que disponibiliza a visualização de vários documentos (forms) ao mesmo tempo, simultaneamente, na mesma área de trabalho [11].

Um formulário principal (MDI Frame Form) foi desenvolvido para abrigar outros objetos do tipo formulário filho (MDI Child Form) onde serão graficados os dados dos equipamentos.

Na figura 6.1 temos a tela principal do VisGas, que possui um menu, uma barra de ferramentas, uma área de trabalho e uma barra de status.

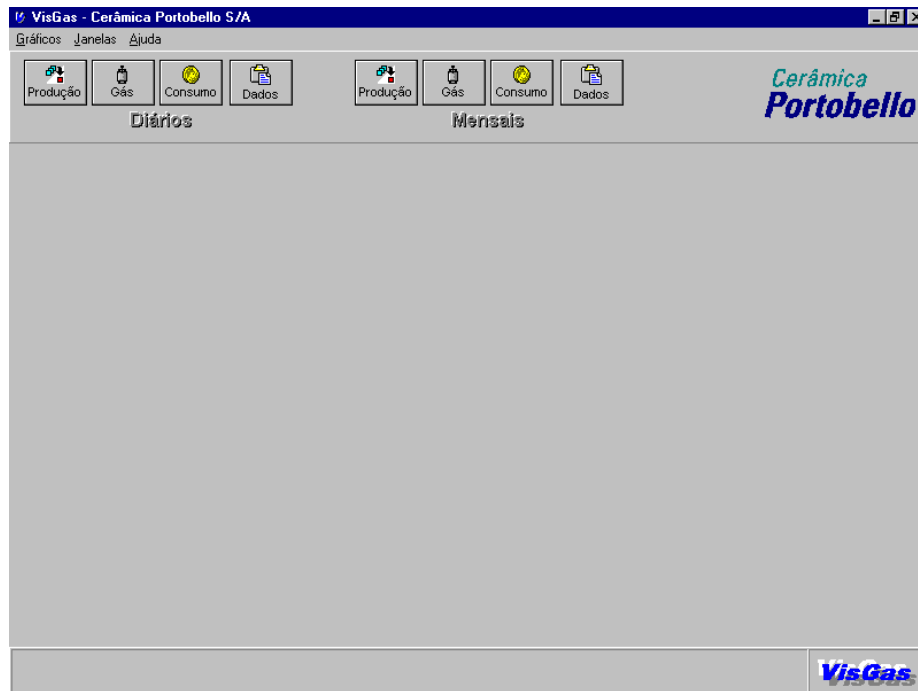


Figura 6.1

Na grande área cinza, na região central do aplicativo, temos a área de trabalho onde os vários formulários filho irão ser criados. Para tanto, o usuário poderá clicar no ícone ou utilizar o menu (figura 6.2) onde terá oito tipos de escolha:

1. Gráfico de Produção em  $m^2$  por dia, por equipamento;
2. Gráfico de Consumo em Kg de gás por dia, por equipamento;
3. Gráfico de Consumo Específico em Kcal/Kg por dia, por equipamento;
4. Gráfico de Produção em  $m^2$  por mês, por equipamento;
5. Gráfico de Consumo em Kg de gás por mês, por equipamento;
6. Gráfico de Consumo Específico em Kcal/Kg por mês, por equipamento;
7. Tabela de dados do equipamento por dia;
8. Tabela de dados do equipamento por mês.



Figura 6.2

Quando o usuário clica num ícone na barra de ferramentas, ou quando ele escolhe um item do menu, um MDIChild é criado, levando consigo na propriedade *caption* a escolha do usuário. Esta propriedade serve como flag para que a variável *Tipo\_Graf* seja setada entre os valores 1 e 8 (que irá definir que tipo de gráfico o MDIChild irá mostrar).

### 6.3: Escolha do Tipo de Visualização

Tanto as escolhas mensais quanto para as diárias, um MDIChild irá ser criado para que o usuário possa fazer a escolha do equipamento e do dia (ou mês) de aquisição na qual ele deseja visualizar. Se a variável *Tipo\_Graf* estiver setado em 1,2,3,ou 7, um MDIChild da forma mostrada na figura 6.3 irá aparecer. Neste formulário, o usuário poderá escolher que equipamento e que dia de aquisição o gráfico deverá demonstrar.

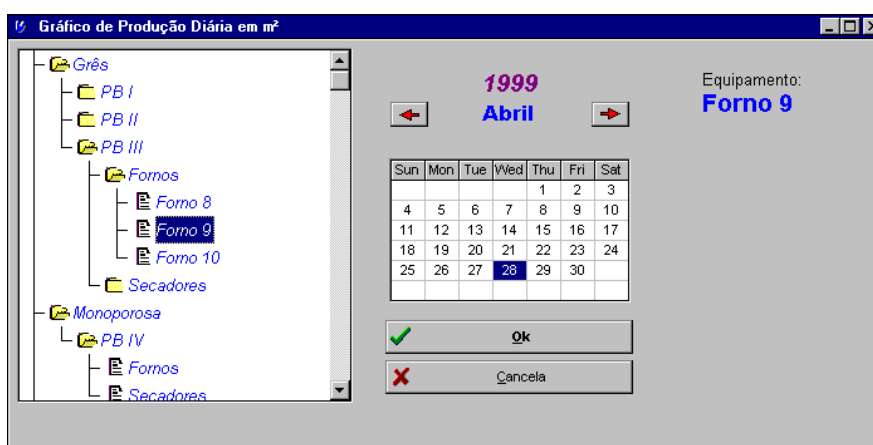


Figura 6.3

A disponibilização da escolha do equipamento foi intencionalmente realizada no formato de árvore devido a previsão da empresa pela expansão do sistema AutoVisGas. Este objeto (*Lista: TOutline*) poderá facilmente sofrer modificações de suas propriedades no caso de em outras unidades da fábrica ser instalado o sistema AutoGas no futuro. Um objeto *Calend* (*Tcalendar*) foi criado para que o usuário possa escolher o dia da aquisição.

Para o caso da escolha de uma visualização mensal de dados, a variável *Tipo\_Graf* terá valores 4.5.6.ou 8 dependendo do tipo de gráfico escolhido. Com qualquer destes valores, o MDIChild criado irá ser como na figura 6.4.

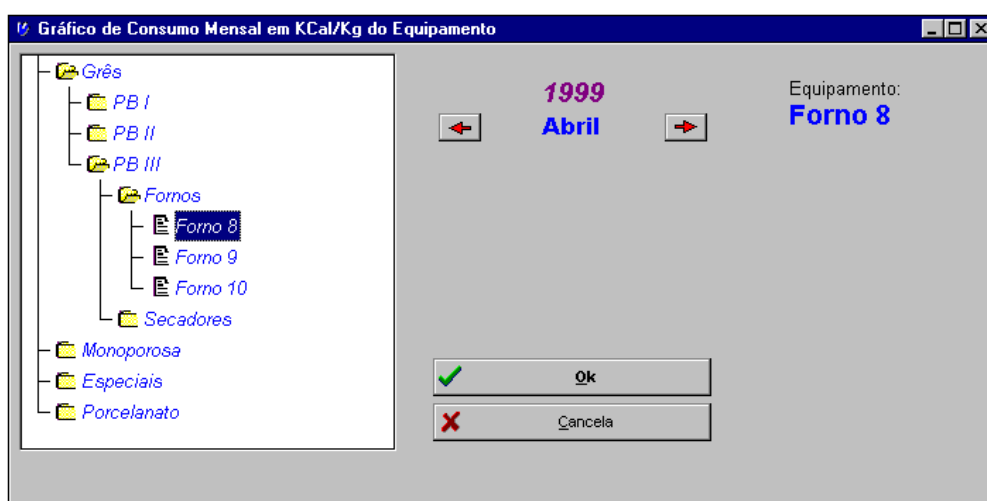


Figura 6.4

O desenvolvimento dessas telas foi realizado buscando uma estética que proporcionasse ao usuário facilidade de utilização, de forma a se tornar auto-explicativa.

Sobre estes objetos MDIChild, existem três painéis. O primeiro é o painel onde o usuário efetua a escolha (descrito acima). Quando o usuário clica no botão OK, este painel de escolha é escondido pelo método *Hide* e um outro painel é levado ao primeiro plano do formulário.

## 6.4: Gráficos Diários

Caso a escolha do usuário for a visualização de gráfico diário (Tipo\_Graf sendo 1,2,ou 3), o objeto *Painel\_Grafico* (*TPanel*) é mostrado. A leitura do arquivo referente ao equipamento e ao dia de aquisição é efetuado e para cada valor do campo *Dados\_CLP.Hora* iremos relacionar uma posição do gráfico (*Chart.Value[]*) ao valor do dado a ser graficado.

Por exemplo, se o gráfico escolhido for o de consumo de gás em Kg (tecla F6), e o usuário escolher no painel de escolha o forno 10 no dia 17 de Abril de 1999, o arquivo *f10\_1704.dat* é lido. Para cada record deste arquivo, é associado o comando:

*Chart.Value[Dados\_CLP.Hora] := Dados\_CLP.KgGas*

Ou seja, para cada hora o valor do consumo de gás em quilograma é mostrado no gráfico. Para o exemplo, o gráfico é como na figura abaixo.

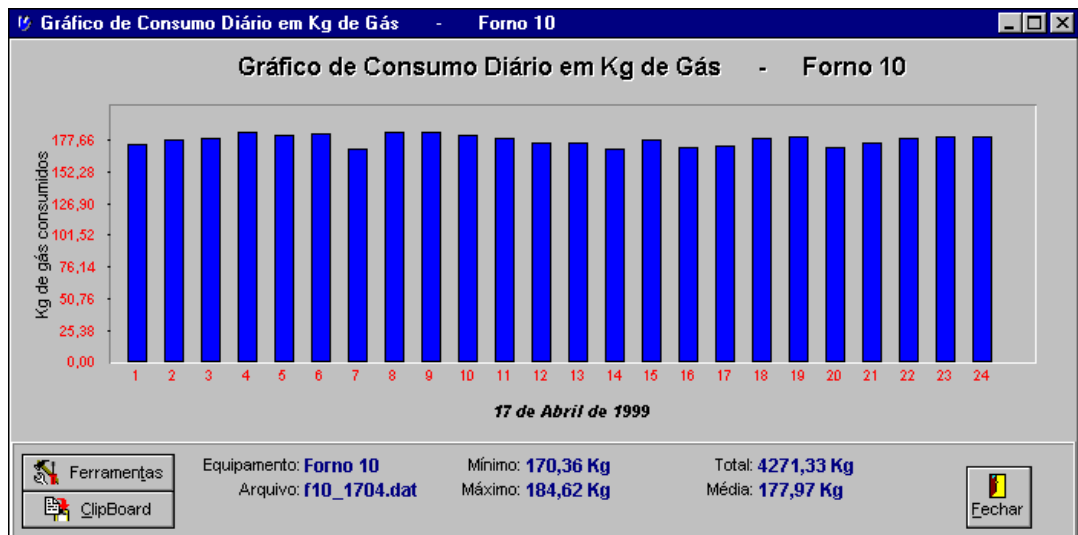


Figura 6.5

## 6.5: Gráficos Mensais

Se a escolha do usuário for a visualização de um gráfico mensal (Tipo\_Graf sendo 4,5,ou 6), o objeto *Painel\_Grafico* é também mostrado. O arquivo referente ao equipamento e ao mês de aquisição é como no caso da escolha do tipo de gráfico diário.

Se, por exemplo, o gráfico escolhido for o de produção mensal em metros quadrados (tecla F9), e o usuário escolher no painel de escolha o forno 8 no dia 21 de Novembro de 1999, o arquivo a ser lido será o f08\_2111.dat.

Similarmente aos gráficos diários, os valores referentes à grandeza escolhida irão sendo carregados um a um no gráfico. A diferença fundamental entre as propriedades dos dois tipos de gráficos é a quantidade de valores graficados, facilmente modificados pelo método *ChartFX.OpenData[]*.

Tanto o gráfico do tipo mensal quanto o diário possuem uma barra de ferramentas (acessado pelo botão *ferramentas*) para que o usuário possa escolher modificações no formato do gráfico, cores, entre outros. Estes recursos são inclusos na classe TchartFX do Delphi pelo qual se criou o objeto gráfico.

## 6.6: Tabela de Dados

Essa opção habilita o usuário de poder visualizar os dados por uma tabela, pela qual é mostrada simultaneamente as grandezas TDados\_CLP.Prod, TDados\_CLP.KgGas e a razão TDados\_CLP.KCal/ TDados\_CLP.KgPeca (que resulta o consumo específico do equipamento, lidos do arquivo escolhido pelas opções do usuário).

Um botão foi inserido nessa tela para que o usuário possa ter esta tabela impressa. Quando este botão é pressionado, uma tela (form) é criada com uma cópia desta tabela, e com alguns labels que inserimos para personalizar a impressão do relatório. O método do pascal se encarrega do procedimento de impressão. Um exemplo de tela com a tabela de dados é demonstrada na figura 6.6.

Dados Diários Gerais do Equipamento - Forno 8			
Hora	Produção	Gasto	Consumo
	m <sup>2</sup> - peça	Kg - Gas	KCal/Kg
15:00	240,44	160,44	432,8040
16:00	243,59	163,35	434,9614
17:00	243,59	164,36	437,6521
18:00	240,97	161,28	434,1292
19:00	239,92	162,77	440,0716
20:00	238,34	158,73	431,9617
21:00	234,14	158,69	439,6114
22:00	239,92	163,77	442,7709
23:00	235,72	155,76	428,6126
24:00	239,39	165,22	447,6665
TOTAL ==>	5710,74	3858,43	438,2423

Figura 6.6

Um exemplo de relatório impresso para os dados no formato de tabela está no Anexo D deste trabalho.

## **Capítulo 7: Resultados**

### **7.1: Introdução**

Neste capítulo, iremos comentar alguns resultados baseados em gráficos gerados pelo software VisGas. Desde o dia 8 de Abril de 1999 o programa AutoGas gerou dados de produção e consumo. Porém, os dados ditos “confiáveis” só poderão ser considerados a partir do dia 18 de Abril de 1999.

### **7.2: Comparação com o Sistema Manual**

Ambos os sistemas, o manual (gerado pelos operadores a partir de leitura de registros em medidores) quanto o sistema AutoVisGas estão operando simultaneamente nesta fase de implementação.

As tabelas a seguir demonstram um comparativo entre os dados gerados pelos dois sistemas durante um período de 12 dias para os equipamentos instalados no sistema (forno 8, 9 e 10).

#### **7.2.1: Análise dos erros de medição de produção**

A medição manual (humana) de produção é realizada fazendo a leitura dos contadores digitais na carga dos fornos todo dia, uma vez por dia, “por volta” da meia noite.

Vale ressaltar que os contadores digitais têm como entrada um contato NPN de uma fotocélula no mesmo local da fotocélula do sistema AutoVisGas. Porém, não possui uma lógica que indique se a leitura é válida ou não (ítem 3.4), o que pode acarretar em uma dupla aquisição.

## **Forno 10**

Data	m² Produzido			
	Manual	AutoVisGas	Erro	%
18/4	5.646,51	5.675,04	-28,53	-0,51
19/4	5.716,50	5.746,43	-29,93	-0,52
20/4	5.755,10	5.774,26	-19,16	-0,33
21/4	5.611,00	5.624,11	-13,11	-0,23
22/4	5.671,00	5.689,74	-18,74	-0,33
23/4	5.773,90	5.815,73	-41,83	-0,72
24/4	5.763,40	5.405,20	358,20	6,22
25/4	5.706,03	5.755,36	-49,33	-0,86
26/4	5.606,82	5.609,41	-2,59	-0,05
27/4	5.671,00	5.662,44	8,56	0,15
28/4	5.645,00	5.680,29	-35,29	-0,63
29/4	5.546,20	5.558,49	-12,29	-0,22
TOTAL	68.112,46	67.996,50	115,96	<b>0,17</b>

---

## **Forno 9**

Data	m² Produzido			
	Manual	AutoVisGas	Erro	%
18/4	5.529,02	5.549,04	-20,02	-0,36
19/4	5.485,70	5.515,44	-29,74	-0,54
20/4	5.546,70	5.570,57	-23,87	-0,43
21/4	5.513,88	5.544,32	-30,44	-0,55
22/4	5.622,50	5.638,81	-16,31	-0,29
23/4	5.627,20	5.662,96	-35,76	-0,64
24/4	5.776,50	5.741,18	35,32	0,61
25/4	5.473,68	5.521,22	-47,54	-0,87
27/4	5.628,00	5.623,59	4,41	0,08
28/4	5.270,00	5.283,93	-13,93	-0,26
29/4	5.229,30	5.251,90	-22,60	-0,43
TOTAL	60.702,48	60.902,96	-200,48	<b>-0,33</b>

## **Forno 8**

Data	m <sup>2</sup> Produzido		Erro	%
	Manual	AutoVisGas		
18/4	5.577,58	5.605,74	-28,16	-0,50
19/4	5.683,00	5.710,74	-27,74	-0,49
20/4	5.671,50	5.694,99	-23,49	-0,41
21/4	5.288,88	5.301,78	-12,90	-0,24
22/4	5.607,90	5.626,21	-18,31	-0,33
23/4	5.700,28	5.733,31	-33,03	-0,58
24/4	5.763,40	5.751,16	12,24	0,21
25/4	5.738,40	5.791,58	-53,18	-0,93
26/4	5.668,96	5.659,81	9,15	0,16
27/4	5.776,00	5.456,12	319,88	5,54
28/4	5.547,30	5.578,44	-31,14	-0,56
29/4	5.756,20	5.771,11	-14,91	-0,26
<b>TOTAL</b>	<b>67.779,40</b>	<b>67.680,99</b>	<b>98,41</b>	<b>0,15</b>

A grande flutuação que ocorre entre os valores diários pode ser analisada pelo fato de que a leitura dos contadores pelo operador da carga do forno não é feita exatamente no mesmo horário todos os dias. Isto acarreta um erro naquele dia, compensado pelo outro dia, gerando flutuações num período.

Considerando um universo de mais de 60 mil metros quadrados produzidos neste período, um erro máximo de aproximadamente 200 metros quadrados (forno 9) não pode ser considerado grave; porém requer mais observações para se definir se o sistema é digno de confiança ou não.

Durante alguns meses ambos os sistemas irão ser analisados até que se chegue a uma medida de confiabilidade do sistema (que possui sua confiabilidade lógica teoricamente superior ao sistema manual).

## 7.2.2: Análise da medição do consumo de gás em Kg

### **Forno 10**

Data	Kg de gás consumido			
	Manual	AutoVisGas	Erro	%
18/4	4.234,36	4.310,26	-75,90	-1,79
19/4	4.201,64	4.234,18	-32,54	-0,77
20/4	4.168,64	4.183,19	-14,55	-0,35
21/4	4.035,20	4.046,08	-10,88	-0,27
22/4	3.945,75	4.013,77	-68,02	-1,72
23/4	4.063,56	4.003,59	59,97	1,48
24/4	3.925,96	3.812,54	113,42	2,89
25/4	3.761,75	3.917,13	-155,38	-4,13
26/4	3.822,44	3.922,69	-100,25	-2,62
27/4	4.093,88	4.024,08	69,80	1,70
28/4	3.993,66	3.991,29	2,37	0,06
29/4	3.951,53	3.998,61	-47,08	-1,19
<b>TOTAL</b>	<b>48.198,37</b>	<b>48.457,41</b>	<b>-259,04</b>	<b>-0,54</b>

### **Forno 9**

Data	Kg de gás consumido			
	Manual	AutoVisGas	Erro	%
18/4	3.922,56	3.988,37	-65,81	-1,68
19/4	3.954,51	3.934,17	20,34	0,51
20/4	3.959,07	3.977,25	-18,18	-0,46
21/4	3.951,61	3.983,71	-32,10	-0,81
22/4	3.915,99	3.991,92	-75,93	-1,94
23/4	4.055,06	3.964,50	90,56	2,23
24/4	4.030,78	3.935,13	95,65	2,37
25/4	3.684,04	3.833,12	-149,08	-4,05
27/4	3.902,62	3.844,08	58,54	1,50
28/4	3.597,25	3.725,91	-128,66	-3,58
29/4	3.699,04	3.635,53	63,51	1,72
<b>TOTAL</b>	<b>42.672,54</b>	<b>42.813,69</b>	<b>-141,15</b>	<b>-0,33</b>

## **Forno 8**

Data	Kg de gás consumido			
	Manual	AutoVisGas	Erro	%
18/4	3.664,65	3.803,48	-138,83	-3,79
19/4	3.820,55	3.858,43	-37,88	-0,99
20/4	3.840,15	3.840,80	-0,65	-0,02
21/4	3.623,52	3.637,29	-13,77	-0,38
22/4	3.663,17	3.750,34	-87,17	-2,38
23/4	3.904,52	3.849,12	55,40	1,42
24/4	3.860,00	3.779,27	80,73	2,09
25/4	3.610,60	3.750,82	-140,22	-3,88
26/4	3.661,24	3.754,87	-93,63	-2,56
27/4	3.850,54	3.838,15	12,39	0,32
28/4	3.677,97	3.802,03	-124,06	-3,37
29/4	4.006,00	3.889,68	116,32	2,90
TOTAL	45.182,90	45.554,28	-371,38	<b>-0,82</b>

A medição manual dos valores de vazão dá-se pelos mesmos contadores do sistema AutoVisGas; porém a medição da pressão e temperatura é realizada por medidores os quais possuem erros de medição, principalmente pela resolução. Os manômetros utilizados para essa medição têm resolução de 0,05 bar, o que equivale a 0,4% do valor normalmente medido (1,1 bar).

Um outro problema ocorre pelo fato da medição dessa pressão ser em realizada em apenas um horário do dia numa outra unidade fabril. O erro por este fato chega a ser de 10%, pois a leitura normal do manômetro é de 1,1 bar e a do transmissor utilizado pelo AutoVisGas (24 horas adquirindo) é de cerca de 1,25 bar.

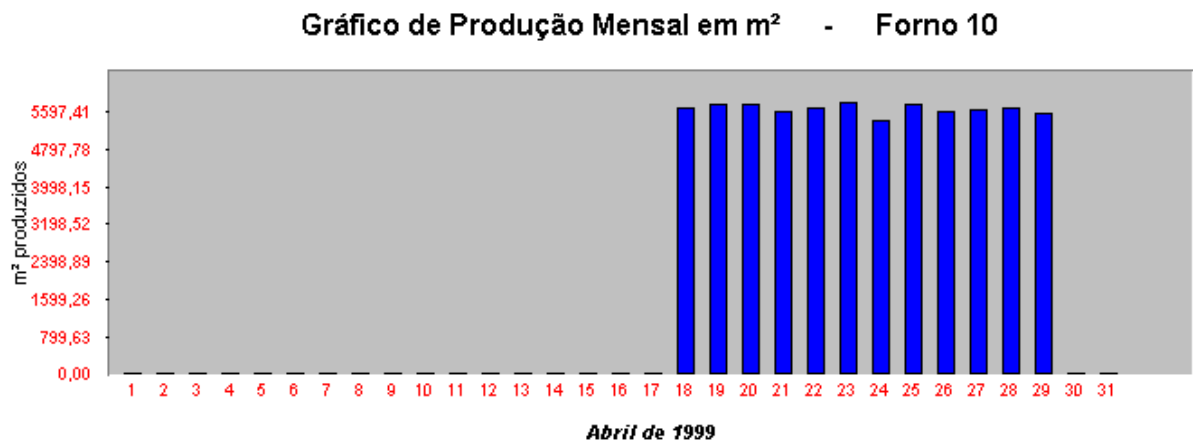
Lembremos que, pela equação 2.3, podemos verificar um erro (considerando a pressão barométrica como sendo 1,2 bar):

$$\Delta Q = \left( \frac{1,2 + 1,1 + \Delta P}{1,2} \right) = 1,92 \Delta P \quad \text{Equação "a"}$$

Mesmo assim o erro entre o método manual e o automático é pequeno. Portanto podemos considerar o sistema automático AutoVisGas como sendo de boa confiabilidade para a leitura de consumo de gás.

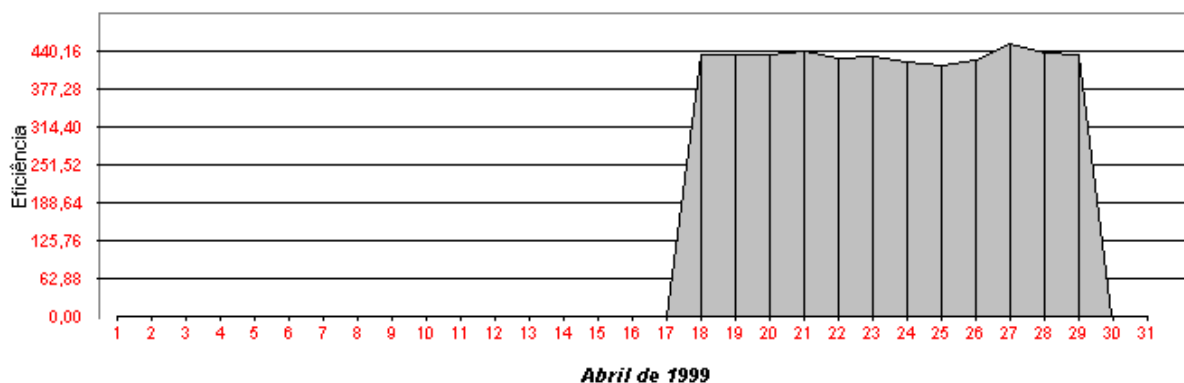
### 7.3: Gráficos gerados pelo VisGas

Nesta seção iremos analisar os gráficos gerados pelo VisGas através dos dados gerado pelo AutoGas. Primeiramente veremos um gráfico de produção mensal do forno 10:



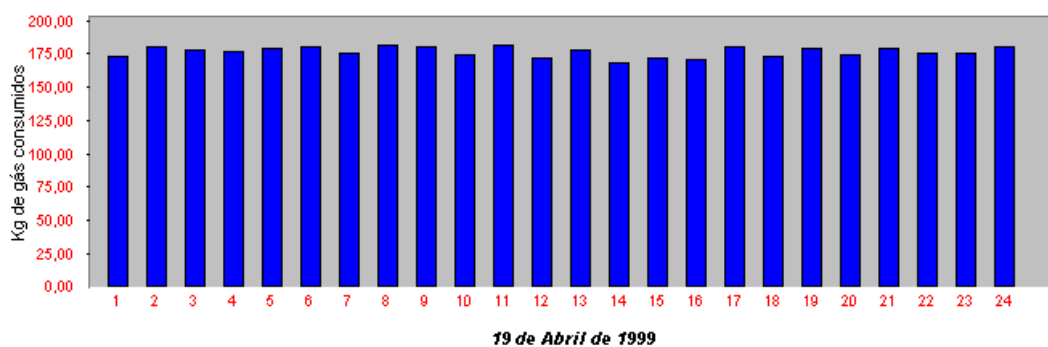
A normalidade dos valores e sua constância em relação a um padrão confirma a confiabilidade do sistema. A seguir, temos um gráfico de consumo mensal em Kcal/Kg do forno 8 (com um outro aspecto de gráfico para demonstrar sua capacidade de edição). Vê-se que também mantivemos uma relativa estabilidade de produção.

**Gráfico de Consumo Mensal em KCal/Kg do Equipamento - Forno 8**

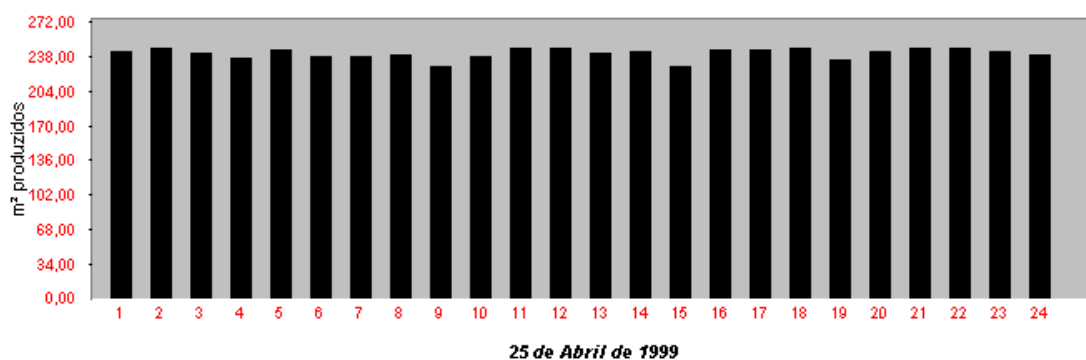


Vemos abaixo dois exemplos padrão de dia normal de produção:

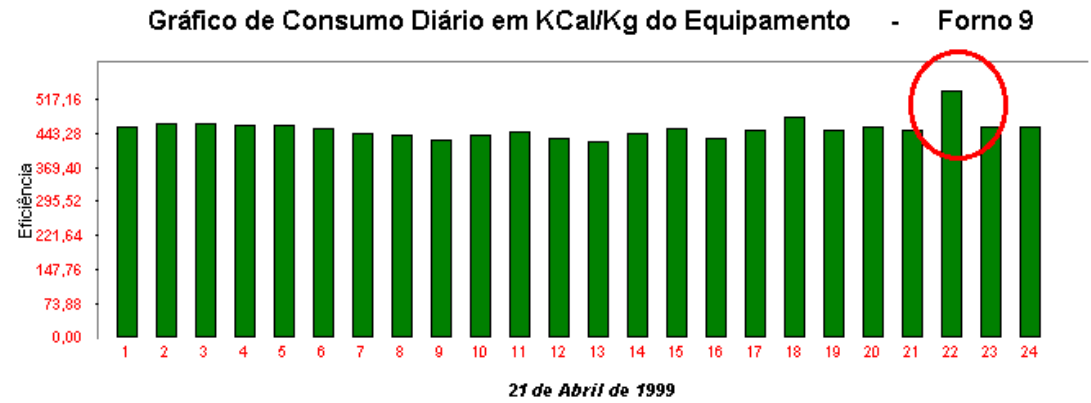
**Gráfico de Consumo Diário em Kg de Gás - Forno 10**



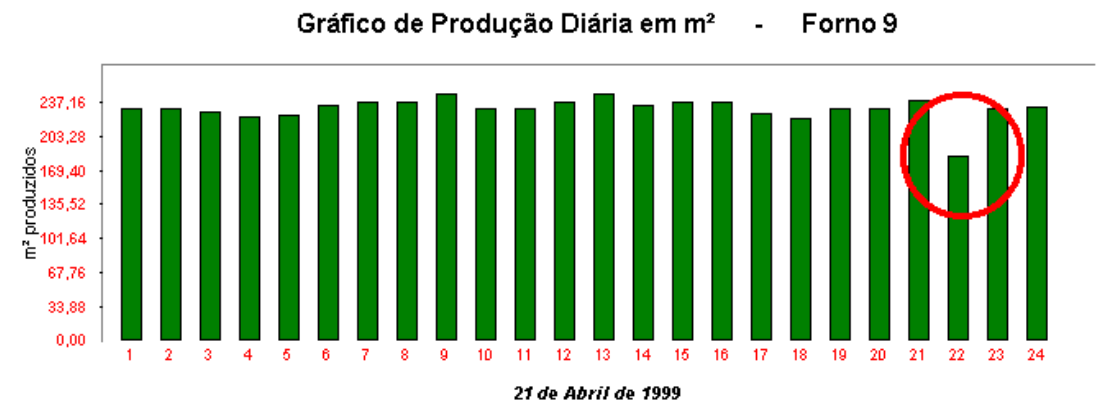
**Gráfico de Produção Diária em m² - Forno 8**



Porém nem sempre ocorre esta normalidade. Vamos mostrar a seguir alguns tipos de problemas ou características de produção que ocorrem e que são visualizadas no VisGas.

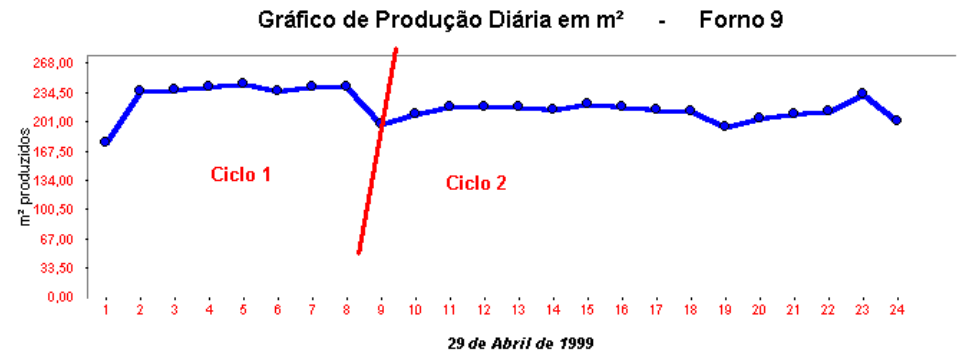


Verificou-se que nesse dia ocorreu um pico anormal de consumo específico às 22 horas no forno 9. Como o consumo de gás é praticamente constante nos fornos, e como este cálculo leva em consideração a produção do forno na hora, podemos verificar uma queda de produção no gráfico do mesmo dia para o mesmo forno, na mesma hora.

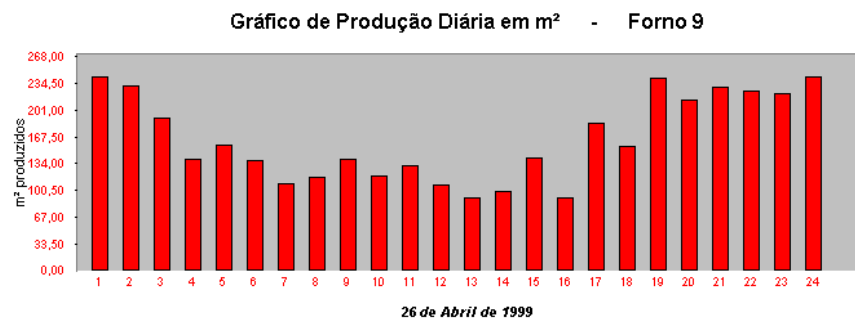


Consultamos o assistente do forno para aquele turno e realmente verificamos a presença naquela hora de uma queda na produção (Chamado de **espaço no forno**) devido a pane na máquina de carga do forno (Rollermatic).

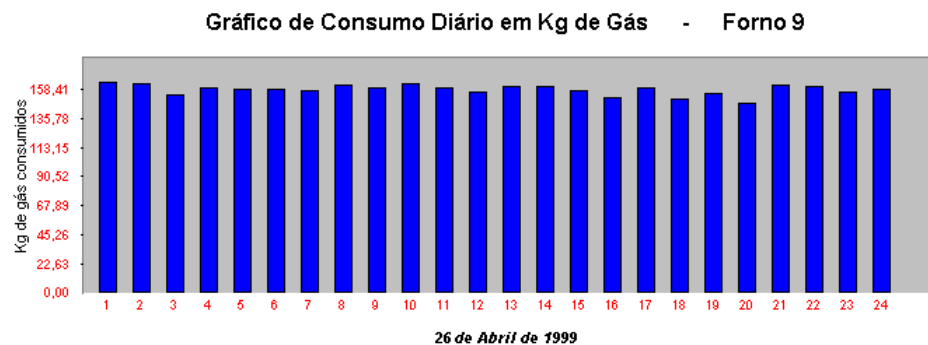
Outro fato que podemos verificar é a troca de ciclo de forno. Para alguns produtos, o tempo de permanência da peça no forno (chamado de ciclo de forno) é alterado para este obtenha características finais deseáveis (resistência mecânica, abrasão, etc). [3]



Outro fato que ocorreu e que pôde ser verificado no VisGas foi a sujeira na fotocélula da carga do Forno 9 no dia 26, verificado e corrigido pelo operador às 19 horas e que acarretou na inutilização dos dados como fonte de referência para o consumo daquele dia.

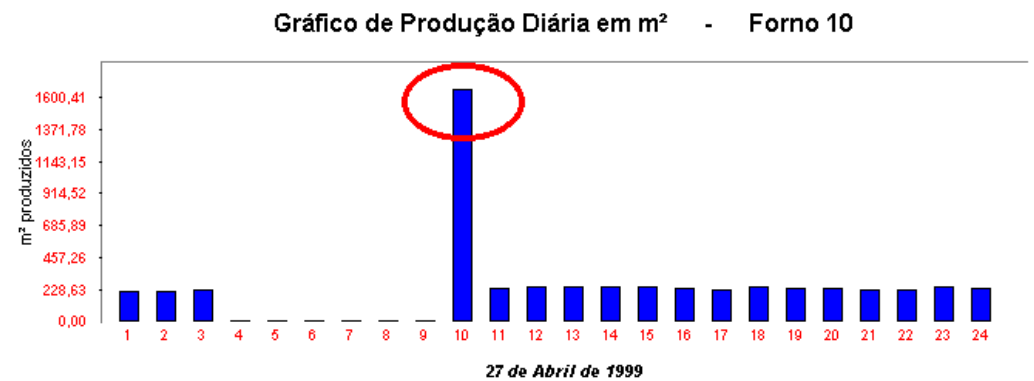


Notemos que o consumo em quilogramas de gás naquele período manteve-se normal (que reforça este fato do problema ocorrido na fotocélula).



Para que este erro de leitura não mais ocorra, foi providenciado a adição de um procedimento de M.O. (Manutenção Operacional) para a limpeza das fotocélulas do sistema, com frequência de um mês.

No dia 27 de Abril, ocorreu um problema com o sistema ainda não identificado, que foi por nós verificado às 9 horas. O programa AutoGas simplesmente gerou um GPF (falha de proteção geral) típico dos aplicativos para Windows. Porém, o CLP continuou a operar normalmente independentemente do problema com o computador que o monitora. Assim, quando foi reinicializado o aplicativo AutoGas, este considerou a totalização dos valores não zerados e registrou o valor como sendo apenas de uma hora de aquisição. Abaixo temos o gráfico para este dia.



## Capítulo 8: Conclusões e Perspectivas

O sistema de monitoramento de produção e consumo de gás se mostrou eficiente nos três fornos como projeto piloto. A implementação no restante das unidades PB II/III irá ser lenta e gradual, conforme planos da Engenharia Industrial; planos estes que prevê a implementação do sistema em todas as unidades do parque fabril.

Uma proposta de ampliação seria a utilização deste mesmo sistema, com algumas configurações diferentes de tela (para se adequar à planta da unidade); e da nomenclatura dos equipamentos, para a exportação de dados. Assim, teríamos que possuir um CLP para cada 12 equipamentos a se monitorar. Propomos um sistema para as unidades PB I e Porcelanato (fábrica essa em construção atualmente), e um para as unidades PB IV, PB V e PB VI. A vantagem desta proposta é a modularidade do sistema.

A outra proposta seria de se fazer uma remodelagem do sistema para comportar a aquisição de vários CLPs (e não somente de dois). Assim uma rede de comunicação (provavelmente teríamos que se utilizar do padrão RS-422 com fibra ótica, por motivos de distância) poderia ser utilizada para interligar os diversos CLPs nas unidades da fábrica com um computador central. A vantagem deste sistema é a centralização do monitoramento, já que pode ser observado todo o parque em uma única tela.

Os conceitos técnicos utilizados para o desenvolvimento deste projeto foram amplamente reforçados com este estágio. Por ser um projeto claramente multidisciplinar, este pôs à prova o currículo do curso; e o êxito alcançado neste projeto reflete a excelência da qualidade de seu ensino.

A experiência industrial adquirida durante o estágio e desenvolvimento deste projeto foi para nós gratificante, e nos fez orgulhosos de poder fazer parte do mundo industrial.

## **Bibliografia:**

- [ 1 ] J. H. Harker e J. R. Backhurst, “Fuel and Energy”, Academic Press, Londres, 1981
- [ 2 ] R. W. Fox e A. T. Donald, “Introdução à Mecânica dos Fluidos”, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1981
- [ 3 ] F.H. Norton, “Introdução à Tecnologia Cerâmica”, Ed. Da USP, São Paulo, 1973.
- [ 4 ] E. Krause, T. Paul e R. Züllner, “Principles et technique de cuisson et de construction de fours ceramiques”, Editions Septima, Paris, 1973.
- [ 5 ] J. S. Reed, “Introduction to the Principles of Ceramic Processing”, John Wiley & Sons, New York, 1988.
- [ 6 ] W. L. McCabe, J.C. Smith e P. Harriot, “Unit Operations of Chemical Engineering”, McGraw-Hill, 1993.
- [ 7 ] “Manuale dell’Operatore Controllore Programmabile SYSMAC”, Omron Inc.
- [ 8 ] “Host Link - System Manual”, Omron Inc.
- [ 9 ] “Programa Contrôles Consumo e Produção – Manual”, T.C.C. Termo Tecnica Ceramica S.p.a., Itália.
- [ 10 ] R. S. Pressman, “Engenharia de Software”, Makron Books do Brasil, São Paulo, 1995.
- [ 11 ] G. Cornell e T. Strain, “Delphi – Segredos e Soluções”, Makron Books do Brasil, São Paulo, 1995.



## **Anexo A - Planilha Manual de Consumo de GLP**

## Anexo B - Arquivos de Configuração

Neste anexo, mostramos exemplos um exemplo de arquivo de inicialização (.INI) que é utilizado no sistema. O arquivo AUTOGAS.INI que traz consigo informações de configuração de fórmula e de instalação dos equipamentos no qual o software deve adquirir dados.

```
[Formula]
Pbr=2100
Hora Export=05:00:00
K=0,996
To=273,28
Dir Export=h:\contrglp
```

```
[Equipamentos]
f5_ativo=False
f6_ativo=False
f7_ativo=False
f8_ativo=True
f9_ativo=True
f10_ativo=True
s9_ativo=False
s10_ativo=False
s11_ativo=False
s12_ativo=False
s13_ativo=False
s14_ativo=False
s15_ativo=False
s16_ativo=False
s17_ativo=False
s18_ativo=False
s19_ativo=False
s20_ativo=False
```

## Anexo C - Arquivos de Dados

Nesta seção reproduzimos três tipos de arquivo. O primeiro é uma reprodução no formato texto do arquivo de dados diários do dia 29 de Abril de 99, do forno 10; ou seja, f10\_2904.dat.

```
1;238,87;4081,74;172,61;1913133,32
2;227,84;3893,35;164,78;1826396,25
3;234,14;4001,00;172,83;1915577,39
4;241,49;4126,59;176,46;1955811,91
5;232,04;3965,12;171,46;1900435,25
6;236,24;4036,89;175,33;1943305,30
7;242,02;4135,57;168,05;1862575,56
8;229,42;3920,27;169,03;1873526,73
9;228,37;3902,32;167,52;1856696,88
10;202,64;3462,75;161,75;1792758,25
11;239,92;4099,68;161,77;1793012,74
12;196,87;3364,07;160,39;1777672,13
13;243,59;4162,48;165,79;1837608,18
14;241,49;4126,59;161,09;1785442,14
15;229,42;3920,27;164,70;1825518,44
16;239,92;4099,68;160,74;1781587,74
17;225,74;3857,47;169,70;1880920,15
18;230,99;3947,18;159,84;1771586,70
19;243,07;4153,51;168,52;1867779,34
20;209,47;3579,37;170,73;1892320,60
21;236,77;4045,86;154,75;1715255,59
22;224,69;3839,53;162,65;1802822,08
23;237,29;4054,83;166,36;1843879,23
24;246,22;4207,33;171,78;1903982,50
```

O seguinte texto é uma reprodução do arquivo f08\_abril.dat que traz consigo os dados do mês de Abril de 99 do forno 8.

18;5605,74;95790,83;3803,48;42156748,18  
19;5710,74;97585,00;3858,43;42765875,51  
20;5694,99;97315,87;3840,80;42570612,97  
21;5301,78;90596,70;3637,29;40314771,56  
22;5626,21;96140,69;3750,34;41567797,44  
23;5733,31;97970,74;3849,12;42662688,25  
24;5751,16;98275,75;3779,27;41888413,91  
25;5791,58;98966,51;3750,82;41573155,85  
26;5659,81;96714,82;3754,87;41618005,51  
27;5456,12;93234,13;3838,15;42541047,72  
28;5578,44;95324,34;3802,03;42140742,08  
29;5771,11;98616,65;3889,68;43112225,66

## **Anexo D - Relatório Impresso de Dados (VisGas)**