

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Curso de Engenharia Elétrica

Tiago Pereira Barbosa

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO**

Itatiba
2010

TIAGO PEREIRA BARBOSA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof. M.^a Débora Meyhofer Ferreira.

Itatiba
2010

A minha mãe, pelo seu imenso
carinho e seu eterno amor,
a meu pai, por seu exemplo
de superação e caráter,
e a minha esposa Angélica,
por sua grandiosa capacidade
de me fazer feliz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que sempre me apoio e me deu o suporte que precisava, aos meus amigos Carolina DNA Françoso, João Carlos Cecato, Lauri Filipe de Faria, Edson de Jesus Lopes e Tiago de Moraes Barbosa, que me acompanharam durante minha graduação no curso de Engenharia Elétrica durante grupos de estudos, trabalhos e rodadas de truco, ao Julio Cesar Certo que concluiu sua graduação em engenharia elétrica em 2009 e sempre me ajudou desde meu ingresso na universidade até mesmo neste TCC, e aos meus amigos músicos companheiros de banda que sempre me motivaram.

Agradeço muito a todos os professores da Universidade São Francisco que contribuíram para minha formação, um agradecimento especial a professora Débora Meyhofer Ferreira, minha orientadora neste TCC, ao coordenador da Engenharia Elétrica Renato Franco de Camargo, e também a meu primeiro professor na área de elétrica, Cleber Biassoto, de quem fui aluno no SENAI em 2004 e 2005, e que despertou em mim a vontade de me tornar Engenheiro Eletricista.

Agradeço também a todos os profissionais da área de elétrica que tive oportunidade de trabalhar ao longo da minha graduação e que muito me ensinaram, são eles da KVAR Engenharia Elétrica, Verzino Industrial LTDA, e All Service Electric.

Agradeço muito aos idealizadores e organizadores do programa PROUNI, pois graças a bolsa de 100% que recebi pude iniciar e concluir meu curso de graduação, sem esta oportunidade dificilmente teria condições de cursar Engenharia Elétrica.

Agradeço, sobretudo, a Deus e a Jesus, por me iluminar e me dar saúde e inteligência suficientes para me tornar um Engenheiro Eletricista.

RESUMO

Barbosa, Tiago P. Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento Automatizado de Produção. Itatiba, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2010.

Em muitas indústrias são utilizadas fichas de apontamentos de produção onde são anotadas todas as paradas de máquina para que possa ser realizada uma análise do desempenho da produção e para identificar possíveis problemas que possam ocorrer. Em algumas indústrias mais sofisticadas estes apontamentos são realizados por sistemas computadorizados onde as paradas de máquinas são registradas automaticamente em um banco de dados. Neste trabalho será realizado um estudo sobre este tipo de sistema e desenvolvido um modelo denominado MAP (Monitoramento Automatizado de Produção), o sistema irá monitorar o funcionamento da máquina realizando a contagem de peças produzidas, sendo assim o sistema será capaz de informar quantas paradas ocorreram em cada equipamento, a duração e o motivo de cada parada, e ainda a quantidade de peças produzidas.

Palavras-chave: Monitoramento de Produção. Parada de Máquina. Relatório de Produção.

ABSTRACT

Barbosa, Tiago P. Development of an Automated System for Monitoring Production. Work of Conclusion Course. Universidade São Francisco, Itatiba, 2010.

Inside many industries are used appointment cards of production where are noted every machine break that can be realized an analysis of its performance of production and to identify possible problems that can happen. At some sophisticated industries these appointments are realized by computerized systems where the machine breaks are registered automatically in array. In this work will be realized a study about this type of system and developed a model named MAP (Automatized Monitoring of Production), the system will monitor the machine functioning realizing a count of produced pieces, thus the system will be able to inform how many breaks happened in each equipment, the last ant the reason of each break, and still the quantity of produced pieces.

Key-words: Maintenance of Production. Machine Stopped. Report of Production.

LISTA DE ABREVIATURAS

BDMAP	Banco de Dados do MAP
CI	Circuito Integrado
CM	Central de Monitoramento
MAP	Monitoramento Automatizado de Produção
MM	Módulo de Monitoramento
PADMAP	Programa de Aquisição de Dados do MAP
PP	Porta Paralela
RFMAP	Relatório Final do MAP
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USF	Universidade São Francisco

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1. Módulo de Monitoramento	7
Ilustração 2. Central de Monitoramento	8
Ilustração 3. Modelo Esquemático do Sistema.....	9
Ilustração 4. Diagrama do M.M. no Proteus	14
Ilustração 5. Entrada e Saída do M.M. Para Sistema Desligado	15
Ilustração 6. Entrada e Saída do M.M. Para sistema Ligado	16
Ilustração 7. Entrada e Saída do M.M. Para Peça Produzida.....	17
Ilustração 8. Entrada e Saída do M.M. Para Alarme Ativado.....	17
Ilustração 9. Gráfico do Sinal de Saída Para MM0=0011 e MM1=1011	18
Ilustração 10. Circuito da C.M.	20
Ilustração 11. Circuito da C.M. e Sinal Analisado no Osciloscópio	21
Ilustração 12. Circuito da C.M. para MM0=0011 e MM1=1011	22
Ilustração 13. Osciloscópio para MM0=0011 e MM1=1011	22
Ilustração 14. Gráfico do Sinal de Saída Para MM0=0011 e MM1=1011	23
Ilustração 15. Entrada e Saída da Porta Paralela DB25.....	27
Ilustração 16. Pinos utilizados na Porta Paralela DB25.....	28
Ilustração 17. Fluxograma do PADMAP.exe	31
Ilustração 18. Matriz A	32
Ilustração 19. Planilha BDMAP	34
Ilustração 20. Planilha BDMAP	34
Ilustração 21. Menu Principal RFMAP.....	36
Ilustração 22. Menu Manutenção 2008	37
Ilustração 23. Menu Manutenção 2009	38
Ilustração 24. Mapa Produção 2008	39
Ilustração 25. Mapa Produção 2009	40
Ilustração 26. Mapa RFMAP	41
Ilustração 27. Mapa 2 RFMAP	42
Ilustração 28. Mapa 2008 – selecionando máquina 14	43
Ilustração 29. Mapa 2008 – máquina 14	43
Ilustração 30. Tabela - motivo das paradas	44
Ilustração 31. Gráfico - motivo das paradas.....	45
Ilustração 32. Gráfico - motivo das paradas.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Situações Monitoradas Pelo M.M.	13
Tabela 2: bits de seleção x quantidade de máquina.....	27

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	24
Equação 2	25
Equação 3	25

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE EQUAÇÕES	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. APONTAMENTOS DE PRODUÇÃO.....	3
2.1. O que são os Apontamentos de Produção.....	3
2.2. Exemplo de Aplicação.....	3
3. SISTEMAS AUTOMATIZADOS PARA MONITORAMENTO DE PARADA DE MÁQUINA	6
3.1. O Que São e Para Que Servem.....	6
3.2. Sistemas Existentes no Mercado	6
3.3. Sistema Desenvolvido Neste Trabalho	6
4. HARDWARE.....	11
4.1. Módulo de Monitoramento (M.M.)	10
4.1.1. Diagrama do M.M.	14
4.1.2. Testes Com M.M.	15
4.2. Central de Monitoramento (C.M.).....	19
4.2.1. Circuito da C.M.	19
4.2.2. Testes com a C.M.	20
4.2.3. Incluindo Mais Equipamentos	24
4.3. Porta Paralela (P.P.).....	26
4.3.1. Como Funciona a P.P.	23
4.3.2. Aplicação da P.P. no Projeto	27
5. SOFTWARE.....	30
5.1. Programa de Aquisição de Dados do MAP (PADMAP).....	29
5.2. Planilha em Excel.....	33
5.2.1. Banco de Dados do MAP (BDMAP)	33
5.2.2. Relatório Final do MAP (RFMAP)	35
5.2.2.1. Menu Principal	36
5.2.2.2. Mapa Da Produção	39
5.2.2.3. Motivo Das Paradas	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

Em muitas indústrias são utilizadas fichas de apontamentos de produção onde são anotadas todas as paradas de máquina para que possa ser realizada uma análise do desempenho da produção e para identificar possíveis problemas que possam ocorrer. A análise em torno destes problemas e suas possíveis soluções só pode ser realizada com eficiência quando se tem como base as informações obtidas através destes apontamentos de produção.

Desta forma é possível perceber a importância da realização destes apontamentos e o quanto eles devem ser realizados da forma mais séria e eficiente possível, uma vez que estes apontamentos são base de dados para o levantamento de informações que podem ser determinísticas para a tomada de decisões dentro de uma indústria.

Muitas indústrias realizam os apontamentos de produção, principalmente as que são certificadas por ISO 9000 ou ISO TS, que são certificados de qualidade que exigem, dentre outras coisas, que a empresa tenha uma sistemática de análise de suas “Não Conformidades”, que são irregularidades existentes na empresa, e que haja uma política de “Melhoria Contínua”, onde a empresa deve estar sempre implantando melhorias em seu processo e verificando os resultados dessas melhorias. Através dos apontamentos de produção é possível não só realizar a análise de determinados problemas que podem ocorrer dentro da indústria como também acompanhar o resultado de ações tomadas para solução destes problemas, ou até mesmo acompanhar o resultado de alguma melhoria que tenha sido feita.

Na maioria das empresas estes apontamentos são realizados por meio de anotações feitas em fichas preenchidas pelos próprios operadores das máquinas. Cada operador, durante seu turno, anota nesta ficha cada parada da máquina e o motivo desta parada, e no final do turno estas fichas são recolhidas por pessoas responsáveis em lançar esses dados em alguma planilha onde possa ser calculada, no fim do mês, a quantidade de horas paradas de cada máquina.

O problema é que quando os apontamentos de produção são realizados manualmente através destas fichas não há como garantir a precisão das informações que ali são relatadas. Muitas vezes os operadores de máquina não preenchem as paradas que ocorrem na máquina, muitos deixam para preencher no final do turno e acabam esquecendo os horários em que realmente ocorreram as paradas, outros simplesmente tem preguiça de realizar as anotações na ficha de apontamento considerando ser uma burocracia

desnecessária e sem fundamento, mas seja por preguiça ou por esquecimento, o fato é que essa falta de seriedade na realização dos apontamentos gera informações falsas ou incompletas, o que prejudica a análise dos apontamentos de produção.

Além disso, este procedimento de preencher as fichas de apontamentos de produção muitas vezes se torna desgastante e gera atrasos na produção pois, muitos operadores, apesar de serem excelentes colaboradores no que se diz respeito a produção não tem tanta facilidade com leitura ou escrita, e em alguns casos tem dificuldade de interpretação, o que torna o preenchimento desta ficha um sacrifício enorme, podendo perder até mais de 10 minutos de seu horário de trabalho para preencher uma ficha.

Para solucionar estes problemas garantindo mais confiabilidade e eficiência nos apontamentos de produção muitas empresas investem em Sistemas Automatizados para Monitoramento de Parada de Máquina. Nestas indústrias estes apontamentos são realizados por sistemas computadorizados onde as paradas de máquinas são registradas automaticamente em um banco de dados, cabendo ao operador apenas justificar o motivo da parada, com isso os dados obtidos acabam sendo muito mais precisos e confiáveis.

Neste trabalho será realizado um breve estudo acerca dos apontamentos de produção e então desenvolvido um sistema capaz de monitorar o funcionamento das máquinas gerando um banco de dados em Excel contendo a quantidade, duração e motivo das paradas de máquinas, além da quantidade de peças produzidas.

Desta forma o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema automatizado para realizar o monitoramento de parada de máquina gerando um banco de dados que contenha quantidade, duração e o motivo das paradas de cada máquina, e ainda a quantidade de peças produzidas na máquina, de forma que este sistema seja o mais simples e eficiente possível, resultando em um sistema de fácil implantação e custo reduzido para que possa atender empresas de médio e pequeno porte.

2. APONTAMENTOS DE PRODUÇÃO

2.1. O que são os Apontamentos de Produção

Em todas as indústrias existem problemas que afetam direta ou indiretamente a qualidade do produto e sua produtividade. A existência destes problemas é percebida através de sintomas como baixa produtividade, baixa qualidade dos produtos, menor posição competitiva no mercado, número elevado de acidentes, desperdícios em geral, alto índice de absenteísmo, pessoal desmotivado, número elevado de horas de máquina parada, etc. Os problemas geram perdas e afetam a sobrevivência da empresa. Não existem culpados para os problemas da empresa mas sim causas, e a maior parte dos problemas é criada pelo próprio sistema. Pesquisas indicam que 85% das razões das falhas que comprometem a expectativa do cliente são relatadas por deficiência em sistemas e processos ao invés de falhas de funcionários.^[7]

Para solucionar ou ao menos minimizar estes problemas as indústrias tem de primeiramente identificar onde eles estão ocorrendo. Para isto é necessário obter dados que, após serem coletados, analisados, agrupados, estratificados e apresentados em forma de informação possam indicar onde os problemas estão ocorrendo. Uma vez identificado o problema, e com uma sólida base de dados que justifique sua ocorrência, é possível trabalhar em cima de uma solução eficaz para este problema, eliminando perdas e aumentando a competitividade da indústria no mercado.

Neste método de análise de dados, uma das fontes de dados mais importantes são os apontamentos de produção. Nestes apontamentos são registradas as ocorrências de paradas de máquina que geram atrasos de produção (Ex.: Manutenção de Máquina, Setup de Máquina, Falta de Matéria Prima, etc.) e, com base nesses apontamentos, é possível gerar gráficos e relatórios que indiquem quais são as maiores causas de parada de máquina e, conseqüentemente, os maiores causadores de atrasos de produção.

Uma vez identificadas as principais causas de parada de máquina, a empresa pode fazer uma análise mais detalhada em cima do problema para identificar sua causa raiz, podendo elaborar um planejamento estratégico com o objetivo de eliminar o problema.

2.2. Exemplo de Aplicação

Podemos utilizar como exemplo o caso de uma indústria metalúrgica onde, através da análise dos dados coletados através dos apontamentos de produção e considerando as paradas de todos os equipamentos, foi calculado que 40% de todas as paradas de máquina

foram devido a manutenção corretiva de máquina, sendo esta a maior causadora de paradas nos equipamentos, desta forma fica fácil notar que há um problema relacionado a manutenção corretiva de máquina. A partir daí a empresa pode realizar uma análise mais detalhada do problema para verificar a causa raiz do mesmo, que pode ser resultado de uma máquina em específico ou de todo o conjunto.

No caso de ser de uma só máquina pode ser feito um levantamento das causas das falhas desta máquina pelo setor de Manutenção e tomada a ação necessária para solucionar os problemas dela, como por exemplo, a troca de alguma peça desgastada ou até mesmo a reforma total da máquina, ou ainda, a substituição da mesma. Através dos dados obtidos pelos apontamentos de produção podemos saber o total de horas paradas desta máquina devido a manutenção corretiva, com esse valor é possível calcular o custo total destas paradas, onde deve ser considerado pelo menos os custos de perda de produção e o custo de mão de obra parada (operador). Fazendo um orçamento da reforma desta máquina ou de sua substituição e comparando o custo destes orçamentos com o custo total dos prejuízos devido as paradas da máquina é possível concluir se realmente é viável realizar a reforma desta máquina ou a substituição da mesma, e se caso for decidido pela reforma ou substituição, em quanto tempo haveria o retorno do valor deste investimento após serem eliminadas as paradas desta máquina. Pode ser verificado também através dos apontamentos de produção se a ação tomada realmente solucionou o problema, esta conclusão pode ser obtida através da análise dos dados das paradas desta máquina nos meses seguintes que indicarão se as horas de máquina parada por manutenção corretiva realmente diminuíram e o quanto diminuíram.

No caso do problema do excesso de paradas de máquina ser devido a todo o conjunto de maquinário, pode ser feita uma análise mais ampla em torno do setor de manutenção para verificar quais as causas destas falhas, que podem estar relacionadas ao maquinário ou a falhas no próprio setor de manutenção. No caso da falha se encontrar no setor de manutenção há vários pontos que devem ser analisados para melhoria do setor como compra de ferramentas adequadas, realização de treinamentos para o pessoal de manutenção, contratação de novos funcionários de manutenção, ou até mesmo, nos casos mais críticos, a reestruturação de todo o setor de manutenção.

No exemplo citado acima, onde a parada de máquina por manutenção corretiva é a maior causadora de atrasos na produção, pode parecer um problema simples de ser verificado dentro de uma indústria mesmo sem um sistema de apontamentos de produção, mas nem sempre o problema é tão evidente, principalmente em indústrias que tem um número muito grande de máquinas, além disso, mesmo que o problema possa ser

evidenciado sem a análise dos apontamentos de produção não há como medir o resultado das ações tomadas para solucionar o problema sem realizar a análise dos apontamentos de produção. Os apontamentos são muito úteis nesse caso uma vez que, identificada a causa do problema e tomada uma ação para eliminar esta causa, é necessário realizar o acompanhamento nos meses seguintes para verificar se a ação tomada foi realmente eficiente e se o problema foi eliminado, realizando a análise mensal dos apontamentos de produção é possível obter estas informações.

3. SISTEMAS AUTOMATIZADOS PARA MONITORAMENTO DE PARADA DE MÁQUINA

3.1. O Que São e Para Que Servem

Para obter dados mais precisos, melhorando a confiabilidade dos apontamentos de produção, algumas empresas investem em sistemas automatizados para monitoramento de parada de máquina. Este tipo de sistema monitora o funcionamento da máquina e informa se a mesma permanecer parada por um tempo considerável (5 minutos, por exemplo), quando isto ocorre o operador deve justificar o motivo da parada em um terminal próprio para isso (como um PC, por exemplo), ao fazer isso essa informação será registrada em um banco de dados digital através de softwares próprios para isso. Através destes dados coletados são gerados relatórios de acompanhamento da produção onde são descritas com precisão as paradas de cada máquina, o motivo e a duração de cada parada, de uma forma muito mais confiável e prática do que as fichas de apontamento de produção onde o operador muitas vezes marca o que quer e quando quer.

3.2. Sistemas Existentes no Mercado

Existem alguns sistemas no mercado capazes de realizar os apontamentos de produção de forma automatizada, mas em geral são sistemas de custo elevado e de grande complexidade. Dentre eles podem ser citados o “Radar Produção” ^[9], o sistema da “Seed – Scheduler” ^[10], o sistema da “Automaction” ^[11], o sistema da “Centraltec” oferecido pela Logismarket ^[12]. Alguns deles utilizam CLP/IHM com monitor, teclado e leitor de códigos de barra, e em geral utilizam softwares específicos que encarecem o custo do projeto.

Um dos problemas deste tipo de sistema é que por ser totalmente informatizado e possuir uma interface IHM para que o operador da máquina justifique as paradas, em alguns casos os operadores não demonstram facilidade em operar o sistema, o que acaba dificultando o processo.

3.3. Sistema Desenvolvido Neste Trabalho

O Sistema a ser desenvolvido neste trabalho apresenta uma parte de Hardware bem simples se comparado com outros sistemas equivalentes, e também não possui um software específico com interface própria como muitos outros. A idéia é simplificar ao máximo de

forma a reduzir o custo do sistema para que mais empresas possam fazer uso deste tipo de tecnologia para melhorar sua produtividade e conseqüentemente sua competitividade.

Tecnicamente falando o sistema desenvolvido neste trabalho, que será denominado MAP (Monitoramento Automatizado de Produção), pode ser dividido em quatro partes principais, sendo duas de hardware e duas de software.

Na parte de hardware tem-se primeiramente o Módulo de Monitoramento (que chamaremos de M.M.), que será um pequeno painel que deverá ser instalado em cada máquina monitorada. O M.M. terá um sensor fim de curso ou um sensor indutivo por exemplo, que irá monitorar cada peça produzida, no caso de uma prensa por exemplo este sensor ficaria próximo ao martelo da mesma enviando para o M.M. um sinal a cada vez que fosse completado um ciclo do martelo, o que indicaria que uma peça foi produzida.

Dentro do M.M. um comando elétrico com temporizador irá monitorar as “batidas” da máquina e caso não seja produzida nenhuma peça por um tempo superior a 5 minutos o M.M. entra em alarme disparando um alarme sonoro e luminoso. O M.M. estará instalado de preferência ao lado da máquina de forma que fique visível e acessível para o operador pois ao disparar o alarme o operador deverá ir até o M.M. e pressionar um dos botões para justificar o motivo da parada. Serão até 10 botões de justificativa que ao serem pressionados inibem o alarme sonoro mantendo apenas o sinal luminoso, este ficará aceso até que a máquina volte a produzir.

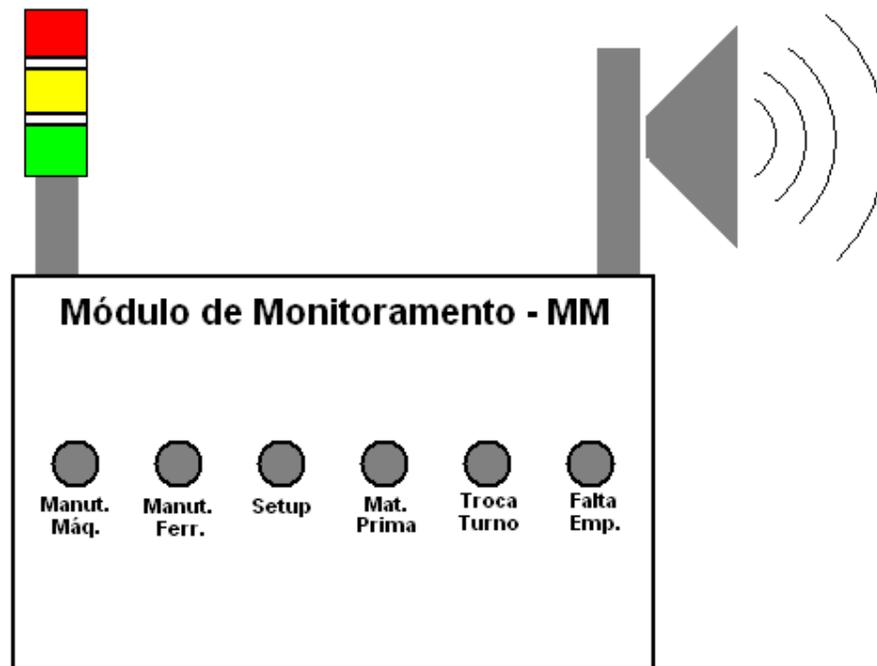


Ilustração 1: Módulo de Monitoramento

Ao ser pressionado um botão de justificativa o M.M. emite um sinal binário de 4 bits que é transmitido através de um cabo de 4 vias até chegar a Central de Monitoramento (que chamaremos de C.M.). A C.M. é a segunda das quatro partes principais do projeto e pertence a parte de hardware, ela recebe o sinal enviado por todos os M.M. ligados ao sistema, sua função é multiplexar estes sinais vindos dos M.M.s de cada máquina e transmiti-los a um computador através de porta paralela.

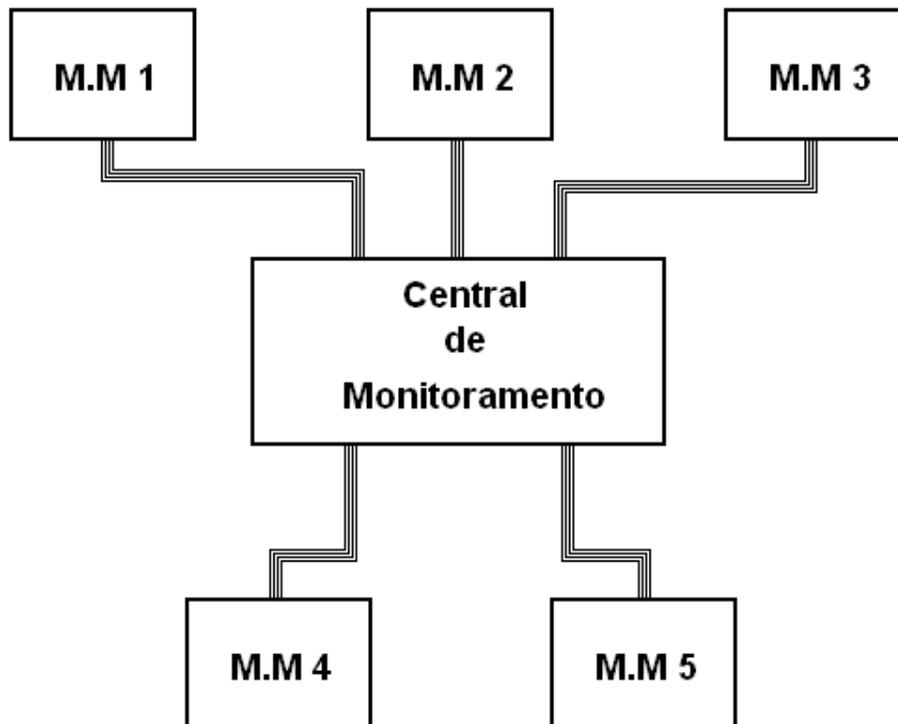


Ilustração 2: Central de Monitoramento

A aquisição dos sinais recebidos pela porta paralela é feita por um programa desenvolvido em linguagem C. Este programa é a terceira das quatro partes mais importantes deste projeto e esta presente já na parte de software, ele realizará não só a aquisição dos sinais mas também irá organizá-los enfileirando os 4 bits enviados pelo M.M. e definindo de qual máquina vem o sinal e o que significa o código representado pelos 4 bits.

Estes dados após serem organizados são exportados automaticamente para uma planilha em Excel onde teremos nosso banco de dados. Esta planilha é a última das 4 partes mais importantes deste projeto, nela os dados obtidos formam um banco de dados que serve de matéria prima para o desenvolvimento de gráficos, relatórios e para a criação de indicadores que possam apontar onde estão as maiores causas de atrasos na produção, podendo ser estabelecidas metas de produtividade para determinados equipamentos que serão facilmente monitoradas pelo sistema.

Pode-se entender melhor o funcionamento do sistema através deste diagrama esquemático abaixo:

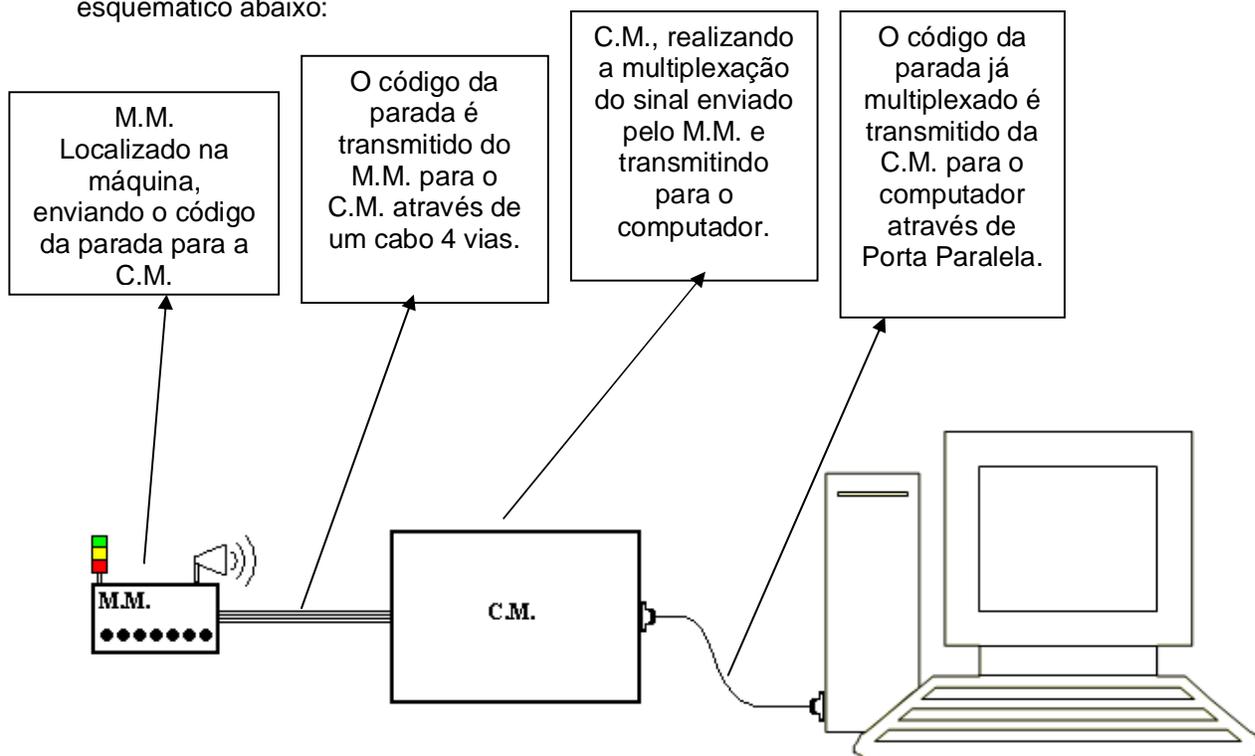


Ilustração 3: Modelo Esquemático

O computador faz a aquisição destes dados via porta paralela através de um programa em C, após organizados os dados coletados são armazenados em uma planilha de Excel onde formam um banco de dados que possibilita a criação de relatórios de produção com quantidade, duração e motivo das paradas de máquina, e ainda a quantidade de peças produzidas.

4. HARDWARE

Para iniciar a parte de hardware foi preciso analisar primeiro o que se esperava do sistema e o que era necessário para que fosse atingido o objetivo inicial do projeto.

Neste aspecto foi analisado o objetivo geral e de uma forma simplificada foi possível entender que a idéia inicial é desenvolver um sistema que realize os apontamentos de produção de forma computadorizada, onde em um computador seja desenvolvido de forma automatizada um relatório com a quantidade e duração das paradas de máquina, o motivo de cada parada e a quantidade de peças produzidas por cada máquina.

Desta forma foi decidido desenvolver um dispositivo que deverá ficar acoplado a máquina para monitorá-la (Módulo de Monitoramento – M.M. / Item 4.1). Este dispositivo deverá monitorar o funcionamento da máquina em relação a quantidade, duração e motivo das paradas, e ainda a quantidade de peças produzidas pela máquina.

Tendo em vista que o sistema irá monitorar ao mesmo tempo diversas máquinas, foi percebida a necessidade do desenvolvimento de uma central (Central de Monitoramento – C.M. / Item 4.2), para receber os dados de todos os M.M., multiplexando estes dados e enviando-os para o computador através de porta paralela.

Então tendo definido os pontos necessários de hardware para que os dados sejam enviados das máquinas até o computador, basta estudar melhor estes pontos para desenvolvê-los.

4.1. Módulo de Monitoramento (M.M.)

Tendo percebido a necessidade de monitorar o funcionamento da máquina para verificar se a mesma esta parada ou produzindo e, caso estiver produzindo, quantas peças estão sendo produzidas, foi decidido utilizar um sensor acoplado á máquina em um ponto estratégico da mesma, de forma que este sensor envie para o M.M. um sinal a cada vez que uma peça for produzida.

Tomando como exemplo uma prensa excêntrica de uma estamperia de peças, este sensor poderia ser um sensor indutivo localizado próximo ao martelo da máquina de forma que sempre que o martelo completasse um ciclo o sensor fosse acionado.

Desta forma o sinal deste sensor será a referência do M.M., determinando se a máquina está ou não produzindo. Após o M.M. receber o sinal do sensor indicando que uma peça foi produzida o circuito eletrônico do M.M. iniciará a contagem do tempo de máquina parada, e a cada vez que o M.M. receber um novo sinal do sensor este tempo será resetado.

Caso o tempo de máquina parada exceda o limite tolerável (5 minutos por exemplo) o M.M. irá acionar um alarme sonoro (sirene) e luminoso (torre de luz), indicando que a máquina esta parada por tempo superior ao tolerável e a parada não foi justificada.

Para que o operador possa justificar a parada o M.M. deverá ter até 10 botões de justificativas que serão pré-estabelecidas pela empresa de acordo com as que ela julgar ser mais adequadas a sua realidade. Em uma metalúrgica do ramo de estamparia de peças automotivas, por exemplo, os motivos de parada mais freqüentes podem ser:

- 1 - Setup de Máquina;
- 2 - Manutenção Corretiva de Máquina;
- 3 - Manutenção Corretiva de Ferramenta;
- 4 - Manutenção Preventiva de Máquina;
- 5 - Falta de Matéria Prima;
- 6 - Falta de Empilhadeira para Setup;
- 7 - Horário de Almoço;
- 8 - Falta de operador;
- 9 - Prioridade de Outra máquina;
- 10 - Outros.

Após o tempo de máquina parada ter excedido o tempo máximo o alarme sonoro e luminoso será ativado, devendo o operador justificar o motivo da parada, esta justificativa deverá ser feita pressionando um dos 10 botões de justificativa citados acima. Ao pressionar um destes botões de justificativa o alarme sonoro será inibido, permanecendo ativo apenas o alarme luminoso com uma luminária vermelha acesa indicando que o equipamento não esta produzindo. Quando o M.M. entra em modo de alarme um contato interno é aberto impedindo o acionamento da máquina, de forma que após ser acionado o alarme a máquina só voltará a produzir após ter sido justificada sua parada.

Todas estas informações deverão chegar até o computador onde serão armazenadas em um banco de dados, mas por enquanto, analisando apenas o M.M., é possível perceber

que ele será um painel que irá monitorar a máquina, terá alguns de seus botões sendo acionados em determinado momento pelo operador da máquina, irá disparar alarme visual e sonoro quando necessário e deverá informar todas estas informações para o computador. Para organizar melhor estas informações foi montada uma tabela com todas as informações que deverão ser enviadas do M.M. ao computador.

Tabela 1: Situações Monitoradas Pelo M.M.

N°	Descrição	Código	Observação
1	M.M. Desligado	0000	Sistema não recebe sinal nenhum do M.M.
2	M.M. Ligado	0001	Contando tempo
3	Peça Produzida	0010	Tempo Resetado
4	Máquina em Alarme sem Justificativa	0011	Alarme Visual e Sonoro Ativados
5	Reserva	0100	
6	Reserva	0101	
7	Máquina Parada – justif. 1	0110	Setup de Máquina – desativar contagem de peças
8	Máquina Parada – justif. 2	0111	Manutenção Corretiva de Máquina – desativar contagem de peças
9	Máquina Parada – justif. 3	1000	Manutenção corretiva de ferramenta
10	Máquina Parada – justif. 4	1001	Manutenção Preventiva de máquina
11	Máquina Parada – justif. 5	1010	Falta de Matéria Prima
12	Máquina Parada – justif. 6	1011	Falta de Empilhadeira para setup
13	Máquina Parada – justif. 7	1100	Horário de Almoço
14	Máquina Parada – justif. 8	1101	Falta de Operador
15	Máquina Parada – justif. 9	1110	Prioridade de Outra Máquina
16	Máquina Parada – justif. 10	1111	Outros

Estudando cada caso temos:

- 1- **M.M. Desligado (Código 0000):** a idéia é que todos os M.M. funcionem independentemente do comando da máquina, desta forma ao iniciar o turno todos os M.M. são ligados de um único ponto por um supervisor de produção por exemplo, e as máquinas que não estão operando deverão ter sua parada justificada no M.M.. Caso o computador do banco de dados estiver ligado e não estiver recebendo sinal nenhum significa que os M.M.s estão desligados.
- 2- **Máquina Sem Operar (Código 0001):** A partir do momento em que o M.M. é ligado ele passa a enviar um bit para a C.M. que significa que a máquina esta sendo monitorada. O comando existente no M.M. monitora este estado da máquina contando o tempo, pois este código significa que a máquina está apta a produzir, e se caso o M.M. não receba nenhum sinal indicando que

uma peça foi produzida por um tempo superior ao tolerável o M.M. entrará em alarme disparando o sinal sonoro e o luminoso.

- 3- **Peça Produzida (Código 0010):** Este código significa que uma peça foi produzida pela máquina que esta sendo monitorada, quando isso acontece o tempo de tolerância de máquina parada é reiniciado. Para que o M.M. saiba quando uma peça foi produzida um sensor acoplado a máquina lhe envia um sinal, este sensor pode ser um sensor indutivo fixado próximo ao martelo de uma prensa por exemplo, que enviará um sinal a cada vez que o martelo da mesma completar um ciclo.
- 4- **Máquina em alarme sem justificativa (Código 0011):** Se a máquina permanecer sem produzir nenhuma peça por um tempo superior ao tolerável o M.M irá entrar em alarme disparando o sinal sonoro e luminoso. O tempo aceitável de parada de Máquina deverá ser ajustado máquina por máquina de acordo com o funcionamento da mesma, uma prensa que trabalha estampando peças muito pesadas pode ser ajustada em 5 minutos, por exemplo, que é um tempo aceitável para que o operador possa organizar as peças que estão ao seu redor, já uma prensa que trabalhe com pequenas peças um tempo de 3 minutos já pode ser suficiente. O M.M. deverá emitir este sinal até que seja justificada a parada da máquina pelo operador pressionando um dos botões de justificativa.

5 e 6 - Reserva (Código 0100 e 0101).

7 ao 16 - Justificativas das Parada de máquina (Códigos de 0110 a 1111): Para justificar o motivo da parada de máquina o operador deverá pressionar um dos botões de justificativas. O M.M. poderá ter até 10 Botões de justificativa que ao ser pressionado inibe o alarme sonoro mantendo apenas o sinal luminoso que só irá se normalizar quando a máquina voltar a produzir. Os motivos das paradas deverão ser pré-estabelecidos pela empresa de acordo com suas necessidades.

Para que o M.M. possa gerar estes códigos binários que serão transmitidos para a C.M. foi optado por utilizar eletrônica digital principalmente pelo custo reduzido dos componentes.

4.1.1. Diagrama do M.M.

Para desenvolver e testar o circuito desenvolvido para o M.M. foi utilizada uma versão demo do software de simulação Proteus. O software permite a montagem do circuito e sua simulação de uma forma bem real. Segue abaixo o diagrama do M.M.:

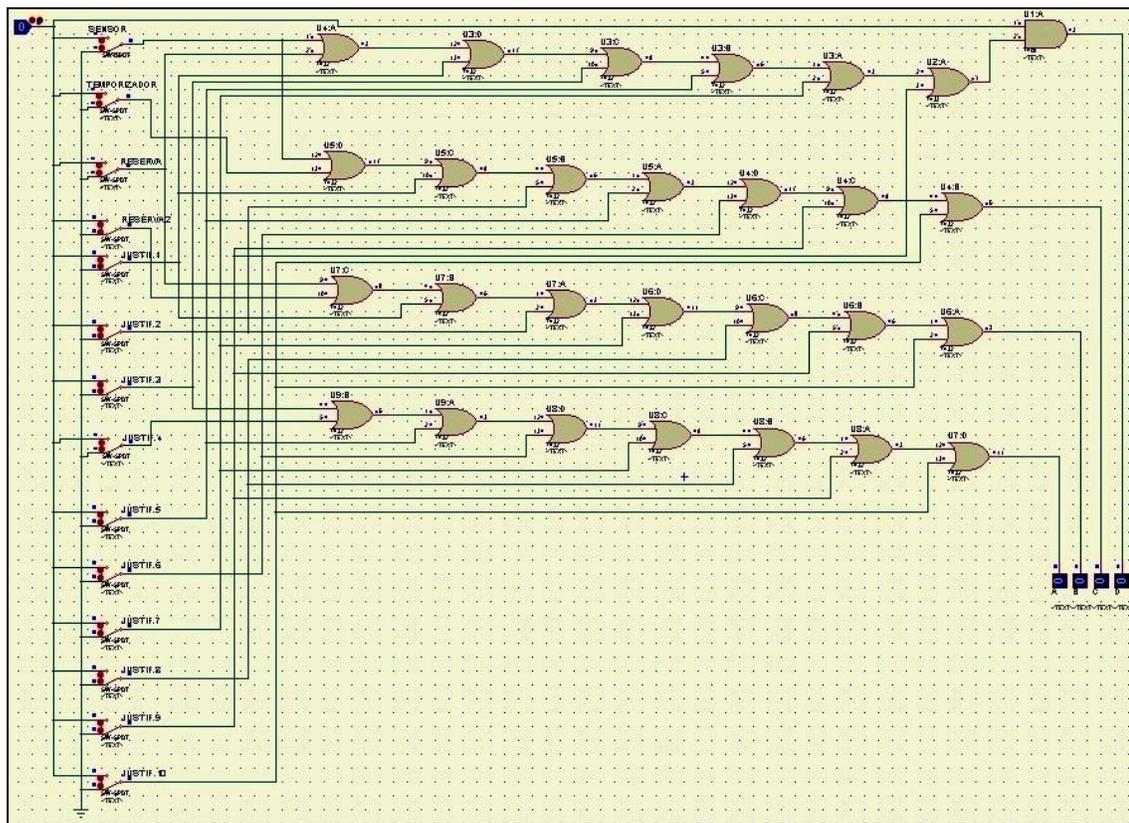


Ilustração 4: Diagrama do M.M. no Proteus

É possível observar que ao energizarmos a fonte geradora do sinal digital o primeiro bit já passa a ser emitido pelo M.M. formando o código 0001 que significa que o M.M. está monitorando a máquina.

Para simular a entrada do sinal do sensor que indica que uma peça foi produzida, assim como para simular o sinal dos botões de justificativa de parada de máquina foram utilizadas pequenas chaves comutadoras (Switch).

Foram utilizadas 26 portas “OR”, que equivalem a 9 CI’s do tipo 7432, uma porta “NOR” que corresponde a 1 CI do tipo 7433 e ainda uma porta “AND” que corresponde a um CI do tipo 7408, todos da família TTL.

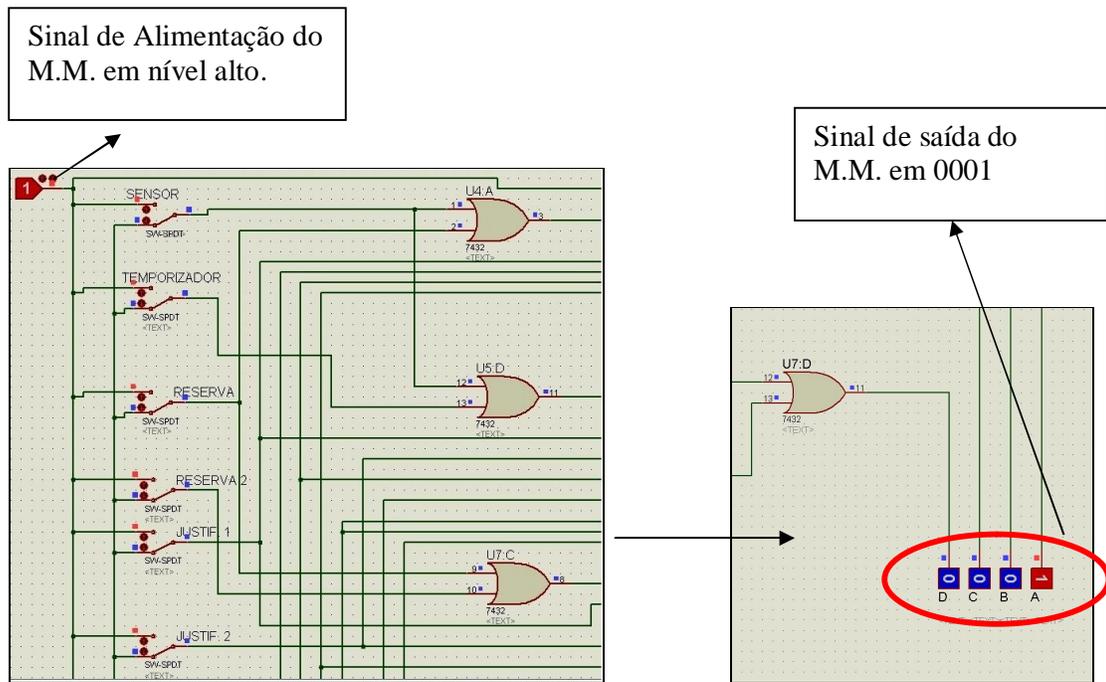


Ilustração 6: Entrada e Saída do M.M. Para sistema Ligado

Entrada do Circuito
Saída do Circuito

Como foi visto anteriormente, quando uma peça for produzida pela máquina um sensor enviará um sinal para o M.M. que irá resetar a contagem do tempo do alarme e emitirá o código 0010 na saída do M.M.. Para simular este sinal de entrada do M.M. foi utilizado uma chave comutadora como pode ser visto na figura a seguir.

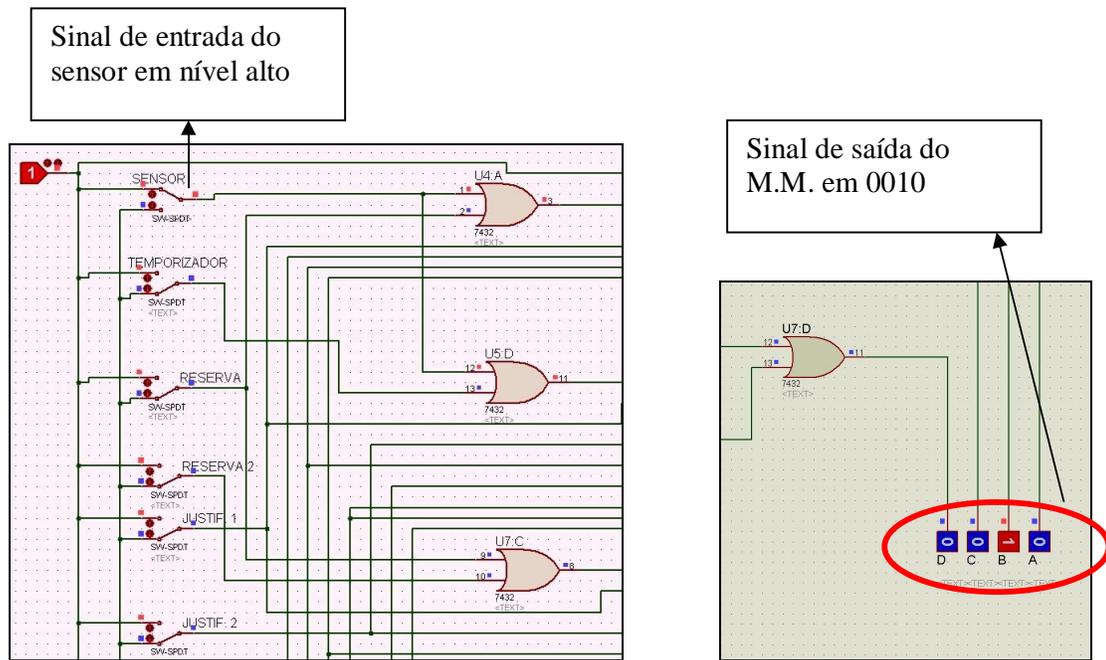


Ilustração 7: Entrada e Saída do M.M. Para Peça Produzida

Entrada do Circuito

Saída do Circuito

Caso o M.M. não receba o sinal do sensor por um tempo superior ao tempo de tolerância de máquina parada o temporizador irá acionar o alarme sonoro e luminoso do M.M. e irá enviar um sinal para o circuito digital do M.M.. Para simular esta situação foi utilizada outra chave comutadora. O resultado da saída do M.M. para esta entrada é mostrado na figura a seguir.

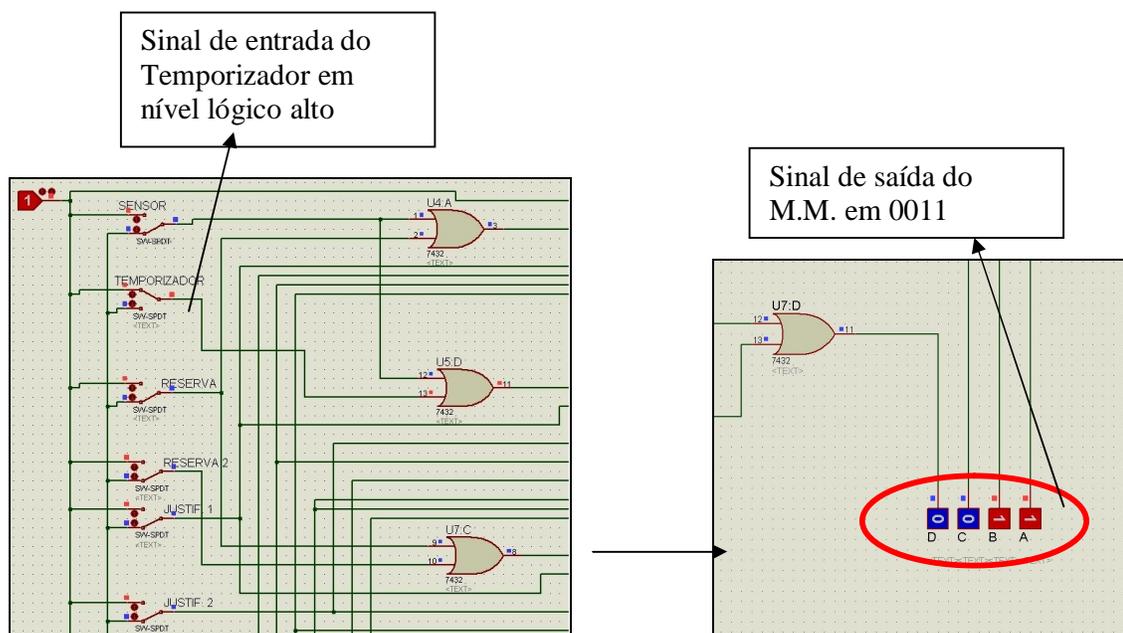


Ilustração 8: Entrada e Saída do M.M. Para Alarme Ativado

Entrada do Circuito

Saída do Circuito

Quando o alarme for acionado disparando o sinal sonoro e o luminoso o operador da máquina deverá justificar o motivo da máquina ter ficado parada por um tempo superior ao tolerável. Para isto o mesmo deverá pressionar um dos 10 botões de justificativas presentes no M.M. de sua máquina. No diagrama esta entrada de sinal foi também simulada por uma chave comutadora, que no caso da justificativa 1 quer dizer que a máquina esta parada para setup, como foi visto na tabela 1.

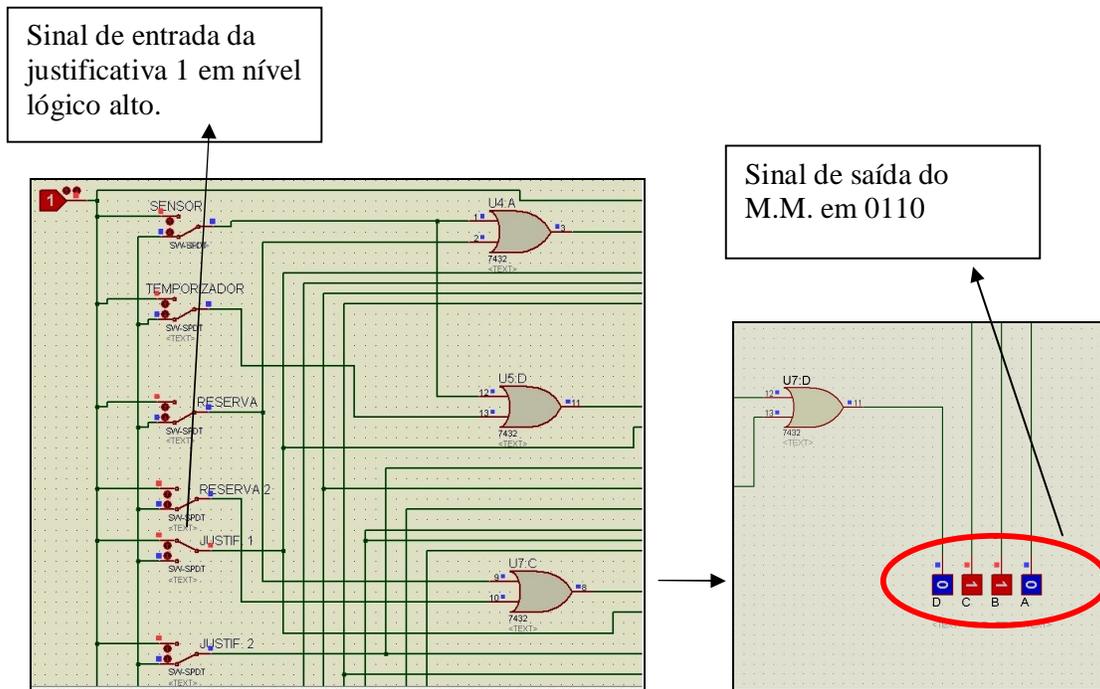


Ilustração 9: Entrada e Saída do M.M. para Justificativa 1 (Setup de Máquina)

Entrada do Circuito

Saída do Circuito

Para as demais justificativas de parada de máquina os resultados obtidos foram igualmente satisfatórios, obtendo para cada justificativa de parada de máquina um sinal de saída no M.M. equivalente ao descrito na tabela 1 do item 4.1.

4.2. Central de Monitoramento (C.M)

Tendo definidas as funções do M.M. com seus respectivos sinais binários para cada situação foi iniciado o desenvolvimento da C.M.. Como já foi citado anteriormente a C.M. terá a função de multiplexar os sinais recebidos dos diversos M.M.'s e transmitir estes sinais para o computador através de porta paralela, para isso foi decidido desenvolver um circuito para simular o funcionamento de dois M.M. que enviarão, cada um deles, um código binário de 4 bits para a C.M. que deverá multiplexar estes sinais obtendo em sua saída um sinal correspondente ao código enviado pelos M.M.'s de acordo com as entradas de seleção (Bit de Controle). Uma vez montado este circuito e tendo funcionado a única alteração seria aumentar a quantidade de multiplexadores e de bits de controle de acordo com a quantidade de M.M.'s ligados ao sistema.

Foi feito inicialmente um estudo relacionado a Multiplexação para em seguida montar o diagrama do circuito que foi simulado também no Proteus.

4.2.1.Circuito da C.M.

Para simular os sinais enviados pelos M.M.'s foram utilizadas chaves comutadoras na entrada do circuito para gerar o código binário de 4 bits. Como foram simulados apenas 2 M.M. foi necessário utilizar apenas 3 multiplexadores de 4x1, sendo que um deles foi utilizado como 2x1, o que corresponde a 2 CI's do tipo 74LS153, da família TTL. Abaixo podemos ver o circuito desenvolvido no Proteus/Isis.

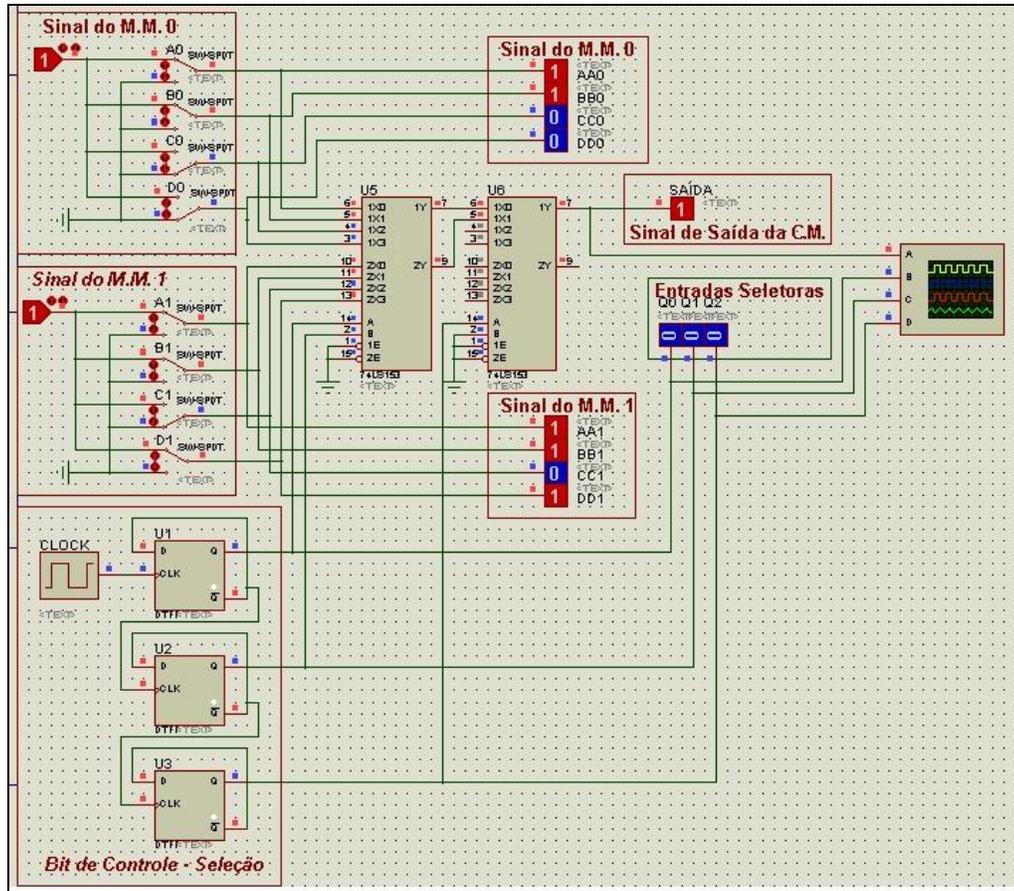


Ilustração 10: Circuito da C.M.

Na saída do circuito foi ligado um osciloscópio realizando a leitura do sinal de saída da C.M. e dos bits de seleção para efetuar os testes necessários para verificar o funcionamento da C.M..

4.2.2. Testes com a C.M.

Foram simuladas algumas situações onde cada M.M. enviava um código binário para a C.M.. O resultado da saída do circuito foi analisada através do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus como podemos ver na figura 11.

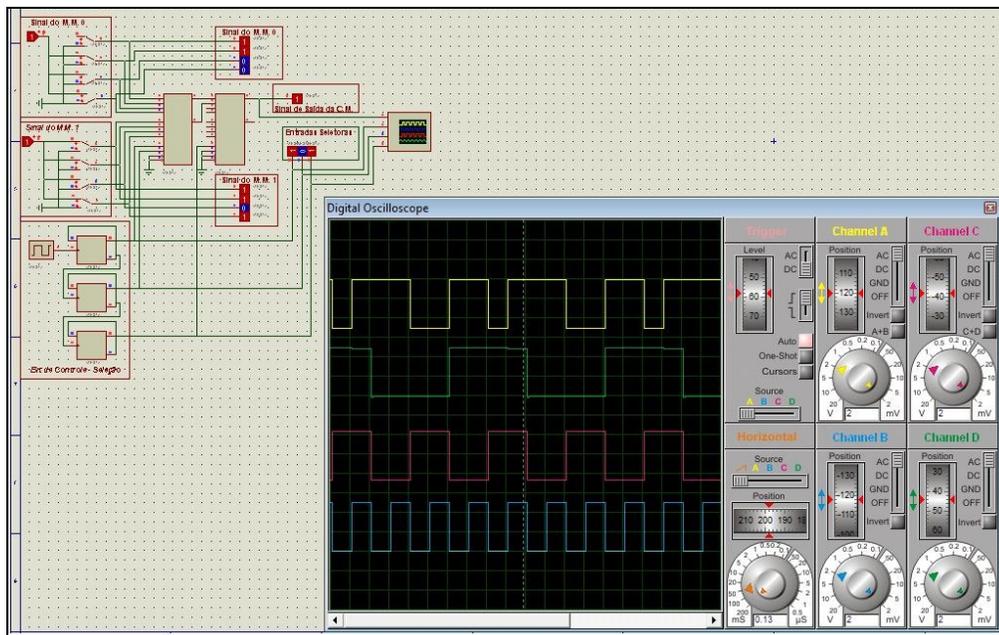


Ilustração 11: Circuito da C.M. e Sinal Analisado no Osciloscópio

Pode-se observar que o osciloscópio possui 4 canais que tem seus sinais diferenciados pelas cores. Neste caso temos o sinal de saída da C.M. no canal A (Amarelo), os sinais das entradas de seleção dos multiplexadores foram ligados aos demais canais, sendo o canal D (verde) o bit de seleção que determina de qual M.M. a C.M. receberá o sinal, os canais B (azul) e C (vermelho) determinam qual dos 4 bits do M.M. esta sendo selecionado.

Tomando como exemplo um caso onde se tem a seguinte situação, a primeira máquina, monitorada pelo M.M. 0, esta em alarme ainda sem justificativa, portanto o código emitido pelo M.M. será 0011, a segunda máquina que é monitorada pelo M.M. 1 está parada devido a falta de empilhadeira para realizar setup, desta forma, de acordo com a tabela 1 do item 4.1 o código emitido pelo M.M. nesta situação é 1011. É possível observar na figura a seguir como se comporta o circuito nesta situação.

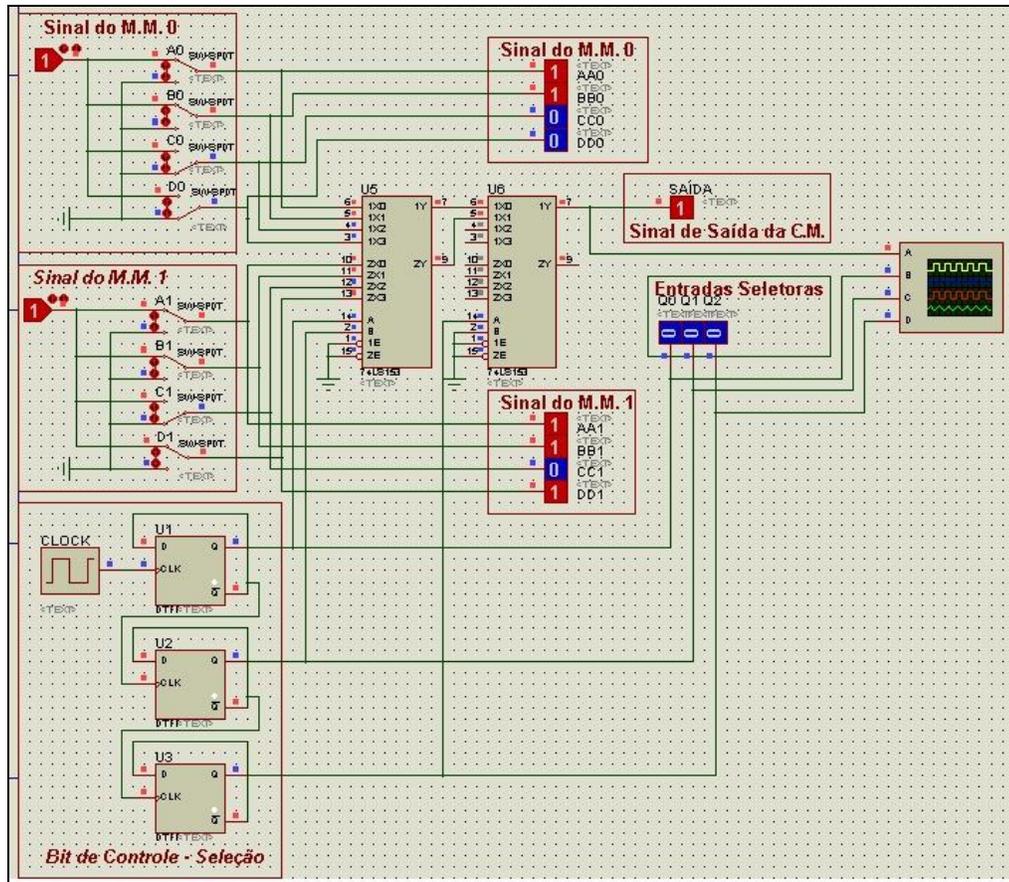


Ilustração 12: Circuito da C.M. para MM0=0011 e MM1=1011

Analisando no osciloscópio tem-se:

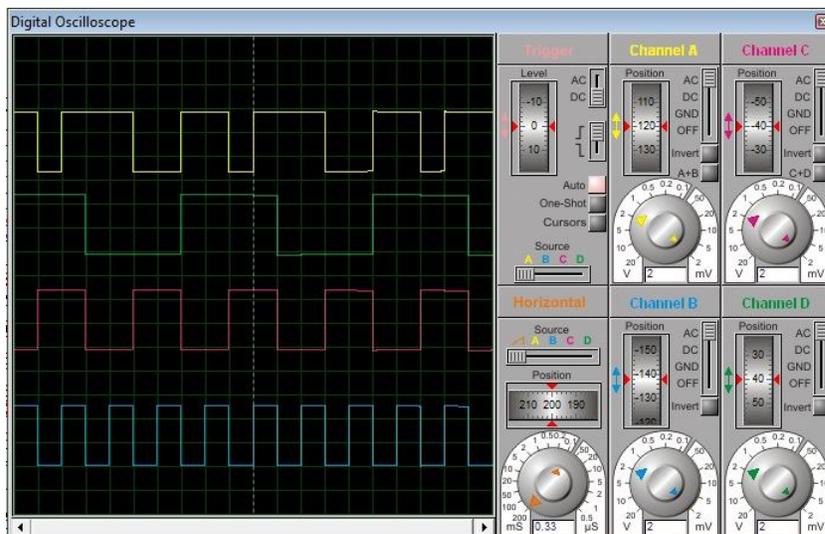


Ilustração 13: Osciloscópio para MM0=0011 e MM1=1011

Analisando apenas o gráfico obtido é possível observar melhor o que esta se passando.

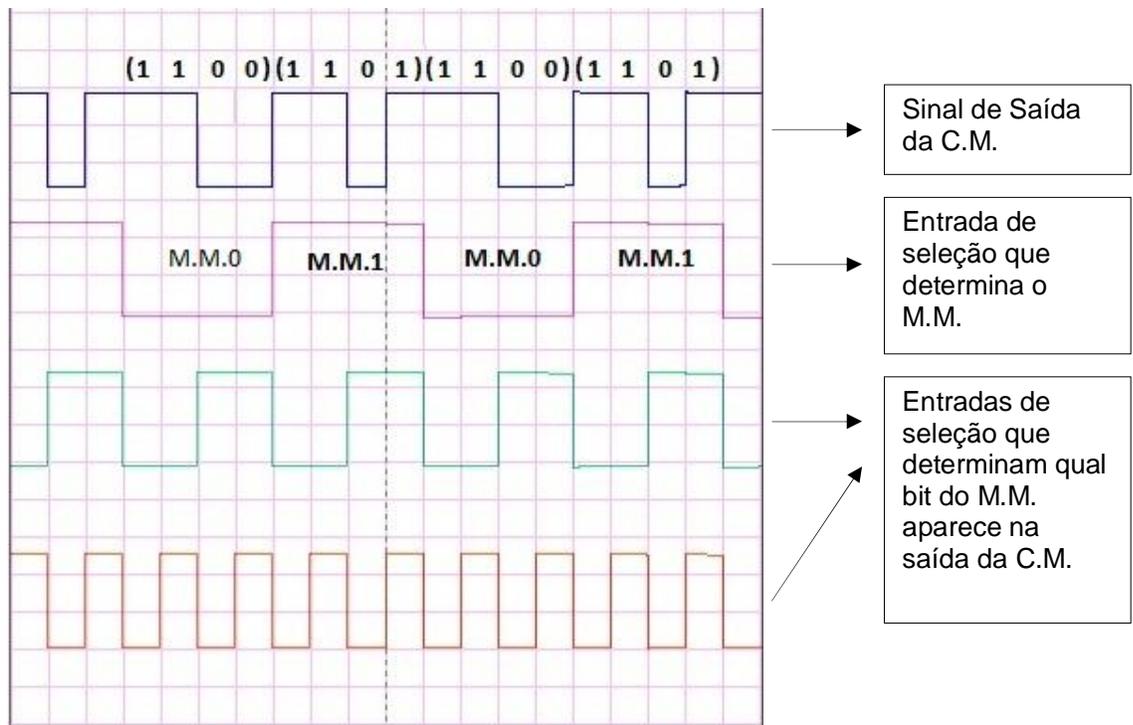


Ilustração 14: Gráfico do Sinal de Saída Para MM0=0011 e MM1=1011

O sinal mostrado na parte superior do gráfico (azul) representa o sinal de saída da C.M., como é possível observar os níveis lógicos altos e baixos correspondem aos códigos enviados pelos M.M.s.

O segundo sinal mostrado (rosa) corresponde ao bit de seleção que seleciona qual M.M. esta enviando sinal para a C.M., este sinal muda de estado a cada 4 ciclos do clock, que é o suficiente para que os 4 bits do código binário gerado pelo M.M. sejam recebidos.

Os dois sinais na parte inferior do gráfico correspondem aos bits de seleção que determinam qual dos 4 bits do M.M. esta sendo recebido.

Este é apenas um exemplo do funcionamento para um sistema com apenas 2 máquinas, obviamente que na prática um sistema terá muitas máquinas interligadas a ele, o que irá variar de acordo com as necessidades da empresa onde for instalado o M.A.P..

4.2.3. Incluindo Mais Equipamentos ao Sistema.

Ao fazer uma simulação com uma planta industrial onde existam 20 máquinas que deverão ser monitoradas pelo M.A.P. é possível perceber que seria necessário realizar algumas alterações para que o sistema seja capaz de monitorá-las.

Um sistema interligado a 20 máquinas corresponde a 20 M.M.s conectados a C.M., com cada M.M. gerando seus 4 bits temos 80 bits que deverão ser multiplexados em uma única saída, que é a saída da C.M., assim é possível concluir que obviamente ao aumentar a quantidade de máquinas ligadas ao sistema é preciso aumentar a quantidade de bits de seleção da C.M.. Para chegar a quantidade necessária de bits de seleção foi criada uma equação bem simples utilizando o conceito de números binários.

Para facilitar foram inicialmente definidas as variáveis da equação:

- qm = Quantidade de Máquinas – quantidade de máquinas ligadas a C.M., ou seja, quantidade de M.M..
- bs = bits de seleção necessários na C.M..

Tomando como exemplo uma propriedade de números binários tem-se que:

$$2^n \geq X_d$$

Onde:

- X_d = Número qualquer em decimal que se deseja converter para binários.
- n = número de bits necessários para representar X_d em binários.

No caso do projeto da C.M. :

- X_d = Quantidade de entradas na C.M. = $qm * 4$ (quantidade de máquinas vezes 4 bits de cada M.M.).
- n = número de bits de seleção = bs .

Assim :

$$2^{bs} \geq 4*(qm)$$

Equação 1

Como a intenção será, na maioria das vezes, calcular a quantidade de bits de seleção (bs) necessários para monitorar uma determinada quantidade de máquinas (qm) a equação foi adequada desta forma:

$$bs \geq \frac{\log(4qm)}{\log(2)} = \frac{\log(4qm)}{0,301}$$

Obtendo a equação:

$$bs \geq \frac{\log(4qm)}{0,301} \quad \text{Equação 2}$$

Por exemplo, para 29 máquinas o resultado seria:

$$bs \geq \frac{\log(4qm)}{0,301} = \frac{\log(4*29)}{0,301} = 6,86$$

Como o valor de bs tem de ser um número inteiro o resultado foi arredondado para $bs = 7$, desta forma, para monitor 29 máquinas será necessário pelo menos 7 bits de seleção.

Fazendo uso da equação 1 é possível conferir o resultado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 2^{bs} &\geq 4*(qm) \\ 2^7 &\geq 4*(29) \\ 128 &\geq 116 \end{aligned}$$

Assim pode-se perceber que com 7 bits de seleção será possível monitorar as 29 máquinas.

Mas para saber quantas máquinas poderão ser monitoradas a partir de uma quantidade pré-estabelecida de bits pode-se rearranjar a equação desta forma:

$$qm = \frac{2^{bs}}{4} \quad \text{Equação 3}$$

Ao utilizar a equação 3 no resultado obtido na exemplificação anterior tem-se:

$$qm = \frac{2^{bs}}{4} = \frac{2^7}{4} = \frac{128}{4} = 32$$

Utilizando ainda a equação 3 pode-se montar uma tabela relacionando a quantidade de bits de seleção (bs) com a quantidade de máquinas a serem monitoradas (qm).

Tabela 2: bits de seleção x quantidade de máquina

Bits de Seleção (bs)	qm	Quantidade de Máquinas
4	$\frac{2^4}{4} = \frac{16}{4}$	Até 4 máquinas
5	$\frac{2^5}{4} = \frac{32}{4}$	Até 8 máquinas
6	$\frac{2^6}{4} = \frac{64}{4}$	Até 16 máquinas
7	$\frac{2^7}{4} = \frac{128}{4}$	Até 32 máquinas
8	$\frac{2^8}{4} = \frac{256}{4}$	Até 64 máquinas

4.3. Porta Paralela (P.P.)

Para que os dados recebidos e multiplexados pela C.M. possam ser transferidos para um computador, possibilitando a criação de um banco de dados, foi decidido utilizar a porta paralela DB25. Esta decisão foi tomada devido a facilidade no domínio deste dispositivo e a possibilidade de comunicação entre a linguagem C e a porta paralela.

4.3.1. Como Funciona a P.P.

A Porta Paralela nada mais é do que um dispositivo de entrada e saída paralelo. Há duas formas de se transmitir dados. Uma delas é a forma serial. Serial, como o cognato indica, é transmitir em série, ou seja, um bit após o outro. Transmitir de forma paralela é transmitir vários bits ao mesmo tempo.

Em uma primeira impressão, a transmissão paralela pode parecer a mais apropriada. Porém, é preciso lembrar do conceito de multiplexação. Tal conceito, se baseia no fato de comutar vários bits de forma tão rápida que eles são transmitidos por um único fio, ou seja, de forma serial. Para quem tem raciocínio rápido, fica fácil compreender: pela forma serial a limitação de bits é dada pela velocidade com que transmissor e receptor se chaveiam, enquanto que na paralela, a limitação é física e dada pelo número de fios.

A porta paralela, por não possuir uma alta velocidade de transmissão, tem, atualmente, sua aplicação limitada a impressoras e scanners. Atualmente, em caso de transmissões rápidas, se utiliza a interface USB (Universal Serial Bus), que atinge taxas de transmissão bem maiores.

Na Eletrônica, a porta paralela pode servir para controlar qualquer tipo de processo. Pode, por exemplo, fazer a interface entre o PC e um sensor. O sensor, ao ser acionado, mandaria tal informação para a porta paralela e o PC procederia ao disparo de sirenes, conectadas as saídas da porta paralela.

Deve-se lembrar que a corrente de saída da porta paralela não é alta, sendo suficiente para, no máximo, acender LEDs. Para circuitos que necessitem de maior potência, deve-se utilizar buffers ou amplificadores de correntes transistorizados.

A maioria dos PCs atuais possui uma porta paralela. Cada registrador desta porta paralela possui um endereço de memória. Por padrão, temos que:

Entrada: 379H

Saída: 378H

O Modelo DB25 possui as seguintes entradas/saídas:

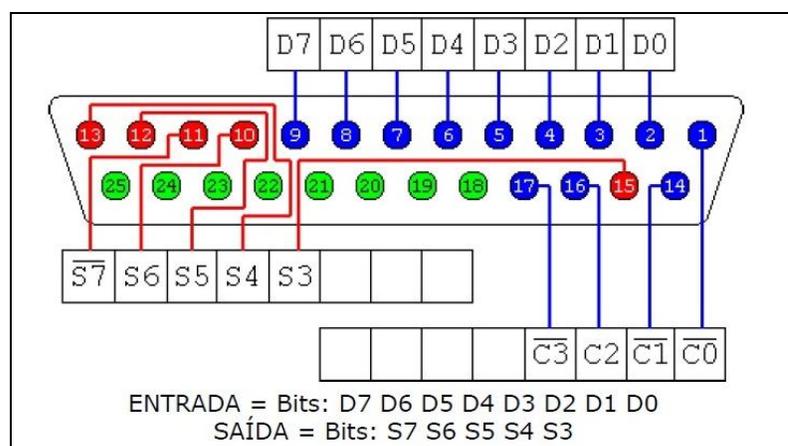


Ilustração 15: Entrada e Saída da Porta Paralela DB25

4.3.2. Aplicação da P.P. no Projeto

No projeto do M.A.P. a P.P terá papel fundamental realizando a comunicação entre a C.M. e o computador. Inicialmente a intenção seria utilizar também as saídas da P.P. para gerar os bits de seleção da C.M., desta forma o programa criado para realizar a aquisição dos dados seria responsável por gerar os bits de seleção e assim o programa sempre teria o endereço correto do dado que esta sendo recebido, mas foi encontrado um grande obstáculo que impediu que esta idéia fosse colocada em prática, como a P.P possui apenas 5 pinos de saída de dados teríamos apenas 5 bits de seleção e, conforme visto no item 4.2.3 (tabela 2), com 5 bits de seleção só seria possível monitorar apenas 8 máquinas, o que tornaria o sistema muito limitado.

Para solucionar este problema foi decidido utilizar a saída da P.P. apenas para gerar um clock, este clock acionará um conjunto de flip-flops que irão gerar os bits de seleção. Uma vez que o programa irá gerar o clock este estará sempre sincronizado com o sinal do hardware, e dentro do programa um algoritmo irá realizar a função dos flip-flops simulando os bits de seleção. Esta alternativa possibilitou a ligação de mais máquinas ao sistema.

Tendo decidido isto a ligação da P.P. foi definida da seguinte forma:

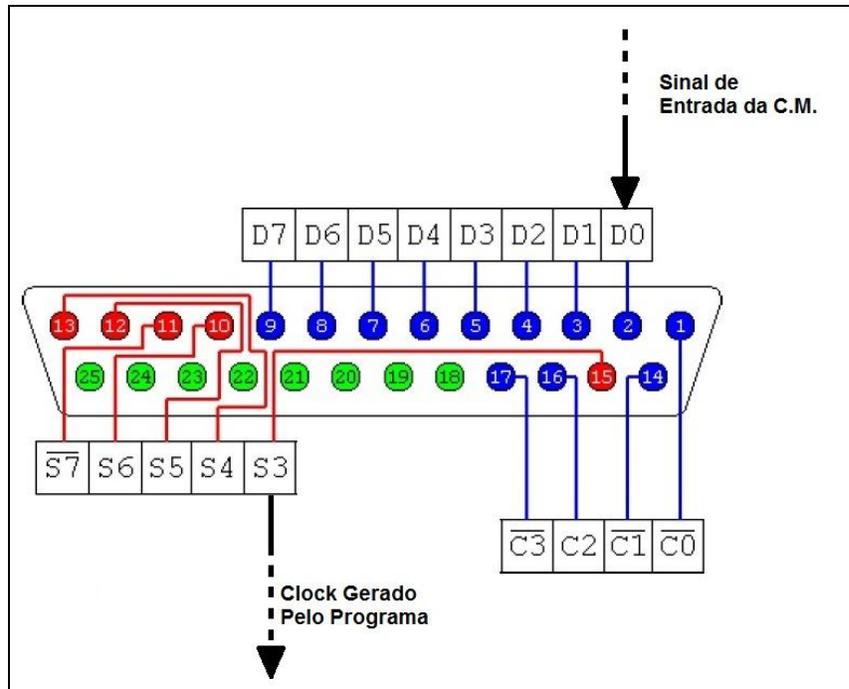


Ilustração 16: Pinos utilizados na Porta Paralela DB25

Foram utilizados apenas 2 pinos da P.P, sendo eles:

- Pino 2 (Entrada): Sinal de Entrada vindo da Central de Monitoramento.
- Pino 15 (saída): Clock gerado pelo programa conectado aos flip-flops da C.M. para produzir os bits de seleção.

5. SOFTWARE

Até esta etapa do projeto tem-se a seguinte situação, os dados foram gerados em forma de códigos binários pelo M.M, estes dados vindos de diversos M.M. foram multiplexados pela C.M., após serem multiplexados estes dados foram enviados para a P.P. para que possa ser feita a aquisição destes dados pelo computador.

Agora estes dados passam a ser tratados internamente pelo computador através do programa de aquisição que se encarregará de organizá-los e exportá-los para o banco de dados para que possam ser transformados em informações através de tabelas e gráficos.

Para isso faz-se necessário o desenvolvimento deste programa de aquisição, sua integração com o banco de dados, e a organização destes dados em forma de planilha eletrônica.

5.1. Programa de Aquisição de Dados do MAP (PADMAP.exe)

Antes de iniciar o desenvolvimento do programa que irá realizar a aquisição dos dados foi estudado um pouco sobre diferentes tipos de linguagens de programação, principalmente Delphi, C^{##} (Sharp), Visual Basic e linguagem C. Dentre estas foi optado por utilizar a linguagem C pelo fato de já ter sido utilizado em diversas atividades durante o curso de engenharia elétrica, as outras linguagens, que são todas do tipo linguagem orientada a objeto, possuem uma interface gráfica muito mais interessante do que a linguagem C mas demandariam muito tempo e muito estudo, o que acabaria atrasando o projeto.

Antes de iniciar a programação propriamente dita foram primeiramente listadas todas as etapas que deveriam estar presentes no programa para que o mesmo pudesse realizar desde a aquisição dos dados até a impressão destes dados em uma planilha do Excel. Podemos ver estas etapas listadas abaixo:

- Gerar o clock para a Porta Paralela;
- Simular os bits de seleção para realizar o endereçamento dos dados dentro de uma matriz;
- Realizar a aquisição do bit de entrada na porta paralela;

- Imprimir este bit na matriz separando os 4 bits de cada máquina em 4 colunas e cada máquina em uma linha;
- Após completar o preenchimento da matriz imprimir no banco de dados (Excel) o código de cada máquina em que houve alteração em relação a ultima leitura, de forma que seja impresso o número da máquina, o código que representa o estado dela naquele momento, e a hora da ocorrência.

Para exemplificar de forma mais clara foi montado um fluxograma do algoritmo deste programa:

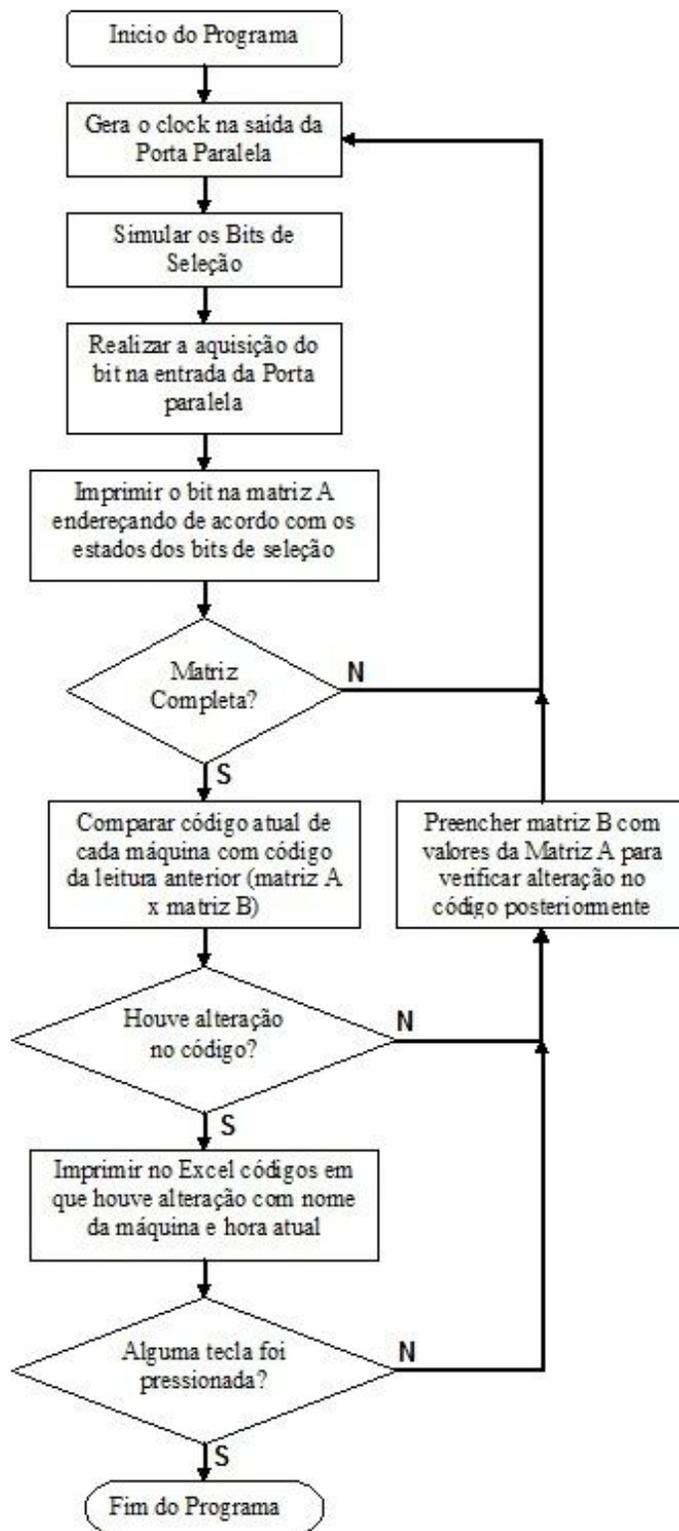


Ilustração 17: Fluxograma do PADMAP.exe

Desta forma o programa ficará em um “loop infinito”, até que seja pressionada uma tecla qualquer. Neste loop o programa irá preencher uma matriz denominada matriz A, com 4 colunas e “X” linhas, onde “X” representará a quantidade de máquinas ligadas ao sistema. Segue abaixo um exemplo da matriz A para 5 máquinas:

Matriz A

Máquina	Código			
1	0	1	0	0
2	1	0	0	0
3	0	0	0	1
4	0	0	1	1
5	0	0	0	1

Ilustração 18: Matriz A

Após completar o preenchimento da matriz A o programa irá comparar os valores da matriz A com os valores da matriz B. A matriz B é uma matriz que preserva os valores da última leitura feita, ou seja, antes de recomeçar o preenchimento da matriz A o programa copia os valores da matriz A para a matriz B, assim, ao terminar de preencher a matriz A é possível comparar se houve alguma alteração no estado de alguma máquina, caso não tenha ocorrido nenhuma alteração o programa copia os valores da matriz A para a Matriz B e em seguida reinicia o preenchimento da matriz A. No caso de haver alteração no estado de uma ou mais máquinas, o código desta ou destas máquinas, assim como seu número de identificação e a hora da ocorrência são impressos no banco de dados do Excel.

5.2. Planilha em Excel

Agora que os dados foram gerados no M.M, multiplexados na C.M., capturados e demultiplexados no PADMAP (Programa de Aquisição de Dados do MAP), estes dados precisam ser organizados para que sejam apresentados em forma de informação, possibilitando a criação de relatórios de produção contendo tabelas e gráficos do desempenho das máquinas.

Para isso, foi decidido trabalhar com 2 planilhas do Excel, uma será denominada BDMAP.xls (Banco de Dados do MAP), e a outra RFMAP.xls (Relatório Final do MAP). Foi necessário dividir o sistema em 2 planilhas de Excel pois o programa PADMAP só consegue acessar e imprimir os códigos no Excel se a planilha estiver fechada, sendo assim não seria possível o PADMAP salvar dados no banco de dados se houvesse alguém acessando o mesmo. Desta forma o PADMAP irá “imprimir” os códigos das máquinas em BDMAP sempre que for necessário, a planilha RFMAP ira conter as tabelas e gráficos necessários para monitorar a produção, e os valores de suas tabelas e conseqüentemente de seus gráficos serão referenciados de BDMAP, assim RFMAP poderá ficar aberta o tempo todo sendo visualizada e possibilitando o acompanhamento da produção sem interferir no funcionamento do PADMAP. É possível entender a função de cada planilha nos itens seguintes.

5.2.1.Banco de Dados do MAP (BDMAP)

A planilha BDMAP.xls receberá os dados do PADMAP.exe, ou seja, os dados serão impressos do Programa de Aquisição de Dados (linguagem C) diretamente em BDMAP.xls (Excel). Nesta planilha teremos uma lista com todas as ocorrências de cada máquina, desde que o PAD esteja sendo executado, esta planilha terá o estado das máquinas em tempo real.

Esta planilha será acessada pelo PADMAP somente quando houver alteração no código de alguma máquina, quando isso ocorrer a planilha BDMAP será aberta e nela serão impressos o número de identificação da máquina em que houve alteração, o estado da máquina naquele instante (código), e a hora atualizada, em seguida a planilha BDMAP será fechada novamente salvando as alterações. A planilha BDMAP seria apresentada conforme figura número 19.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Máquir	Códig	Data	Hora Início	Hora Término			
1	Maquina 1	00001	15/11/2010	7:03:23				
2	Maquina 2	00001	15/11/2010	7:04:12				
3	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:05:19				
4	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:06:32				
5	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:07:22				
6	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:07:49				
7	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:08:15				
8	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:10:45				
9	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:11:05				
10	Maquina 1	00111	15/11/2010	7:15:45	8:25:13			
11	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:13:34				
12	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:16:12				
13	Maquina 2	01010	15/11/2010	7:17:21	8:35:26			
14	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:26:13				
15	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:27:14				
16	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:29:20				
17	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:31:20				
18	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:35:26				
19	Maquina 2	00010	15/11/2010	8:35:26				

Ilustração 19: Planilha BDMAP

Ao fazer uma análise mais detalhada é possível identificar cada ocorrência que esta sendo apresentada por BDMAP, como visto na figura x a seguir:

	A	B	C	D	E
	Máquir	Códig	Data	Hora Início	Hora Término
1	Maquina 1	00001	15/11/2010	7:03:23	
2	Maquina 2	00001	15/11/2010	7:04:12	máquina 1 - ligada - as 7:03
3	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:05:19	máquina 2 - ligada - as 7:04
4	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:06:32	máquina 1 - produziu 1 peça - as 7:05
5	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:07:22	máquina 1 - produziu 1 peça - as 7:06
6	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:07:49	máquina 1 - produziu 1 peça - as 7:07
7	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:08:15	máquina 2 - produziu 1 peça - as 7:07
8	Maquina 1	00010	15/11/2010	7:10:45	máquina 1 - produziu 1 peça - as 7:08
9	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:11:05	máquina 1 - produziu 1 peça - as 7:10
10	Maquina 1	00111	15/11/2010	7:15:45	máquina 2 - produziu 1 peça - as 7:11
11	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:13:34	máquina 1 - parada por manutenção corretiva - das 7:15 as 8:25
12	Maquina 2	00010	15/11/2010	7:16:12	máquina 2 - produziu 1 peça - as 7:13
13	Maquina 2	01010	15/11/2010	7:17:21	máquina 2 - produziu 1 peça - as 7:16
14	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:26:13	máquina 2 - parada por falta de matéria prima - das 7:17 as 8:35
15	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:27:14	máquina 1 - produziu 1 peça - as 8:26
16	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:29:20	máquina 1 - produziu 1 peça - as 8:27
17	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:31:20	máquina 1 - produziu 1 peça - as 8:29
18	Maquina 1	00010	15/11/2010	8:35:26	máquina 1 - produziu 1 peça - as 8:31
19	Maquina 2	00010	15/11/2010	8:35:26	máquina 2 - produziu 1 peça - as 8:35

Ilustração 20: Planilha BDMAP

Como é possível observar, a planilha BDMAP é apenas um banco de dados onde as ocorrências das máquinas são registradas, seus dados serão utilizados como matéria prima para alimentar a planilha RFBMAP que será visto a seguir.

5.2.2. Relatório Final do MAP (RFMAP)

A planilha RFMAP.xls é onde será possível visualizar o desempenho da produção, nela estarão contidos dados como a quantidade de peças produzidas, quantidade de paradas, duração das paradas e o motivo das paradas de máquina, tudo organizado em forma de tabelas e gráficos para facilitar a visualização do usuário.

Nela poderão ser desenvolvidos campos contendo os indicadores de produtividade estabelecidos pela empresa, como disponibilidade de máquina por exemplo.

O objetivo é que esta planilha funcione como um software dedicado ao monitoramento da produção, sendo o mais didática possível para facilitar o acesso e a obtenção de informações pertinentes ao desempenho da produção, seja por um apontador, um supervisor de produção ou qualquer outro colaborador que tenha a necessidade de acompanhar o desenvolvimento do processo produtivo.

A planilha é constituída basicamente por um menu principal contendo diversos botões que possibilitam a navegação para qualquer ponto da planilha, podendo ser estes botões “Mapa da Produção”, “Disponibilidade de Máquina”, “Motivo das Paradas”, dentre outros.

A idéia é que a planilha RFMAP seja uma planilha “flexível”, desenvolvida de acordo com a necessidade de cada cliente, como por exemplo, cada cliente trabalha com o indicador de produção que julga ser mais adequado para seu processo produtivo, desta forma cada RFMAP será desenvolvida para satisfazer as necessidades de controle de produção de cada cliente, de modo a obter seus indicadores desejados, obviamente que ela deverá ser desenvolvida em parceria com o cliente para que possa ter a “cara” da empresa.

Uma vez que se tem em RFMAP a quantidade, duração e motivo das paradas, e ainda a quantidade de peças produzidas, a partir desses valores pode-se desenvolver uma infinidade de indicadores que possibilitem o acompanhamento do desempenho e do desenvolvimento da produção. A seguir são apresentados alguns exemplos de como poderia ser organizada a planilha.

5.2.2.1. Menu Principal

O “Menu Principal” é a primeira planilha de RFP, nele deverão conter os botões que dão acesso as outras planilhas do arquivo, a quantidade de botões e a função de cada botão pode variar de acordo com as necessidades de cada cliente.

Este é um exemplo de uma RFP desenvolvida apenas para teste.

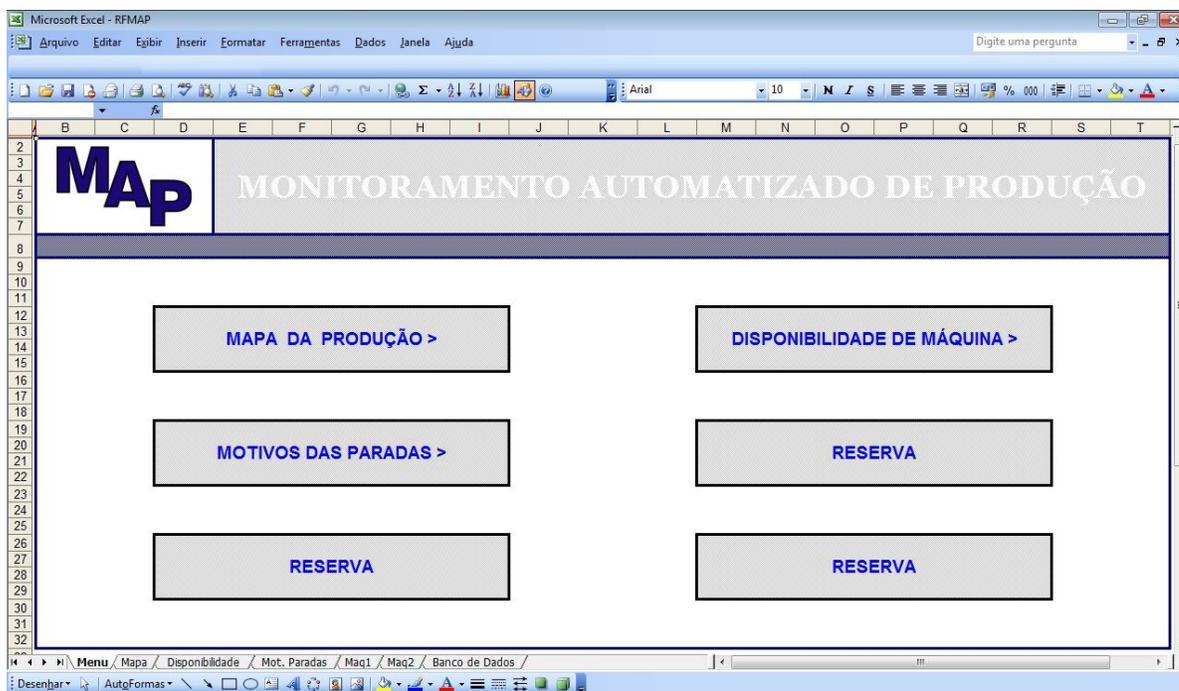


Ilustração 21: Menu Principal RFP

Como é possível perceber a RFP é desenvolvida de modo a obter-se uma interface visual bem didática e agradável, visando facilitar o acesso as informações nela contidas.

Ao clicar em qualquer um de seus botões um hiperlink direciona o usuário automaticamente ao campo desejado na planilha. Por exemplo, ao clicar no botão “Mapa da Produção” o usuário será direcionado para a planilha que exibe um mapa da produção contendo todos os equipamentos que estão sendo monitorados. Veremos mais detalhadamente no item 5.2.2.2.

Esta interface foi inspirada em planilhas similares mas que eram voltadas basicamente para o controle do setor de manutenção, mas muitas funções utilizadas nestas planilhas foram aproveitadas para desenvolver a RFP, como por exemplo o próprio “Menu Principal”.

A seguir alguns exemplos de “Menu” desenvolvidos em algumas empresas.



Ilustração 22: Menu Manutenção 2008

A figura acima mostra o Menu de uma planilha de controle de manutenção desenvolvida em uma metalúrgica do ramo de estamparia de peças automotivas de Bragança Paulista em 2007 e 2008, o logotipo e o nome da empresa foram ocultados.

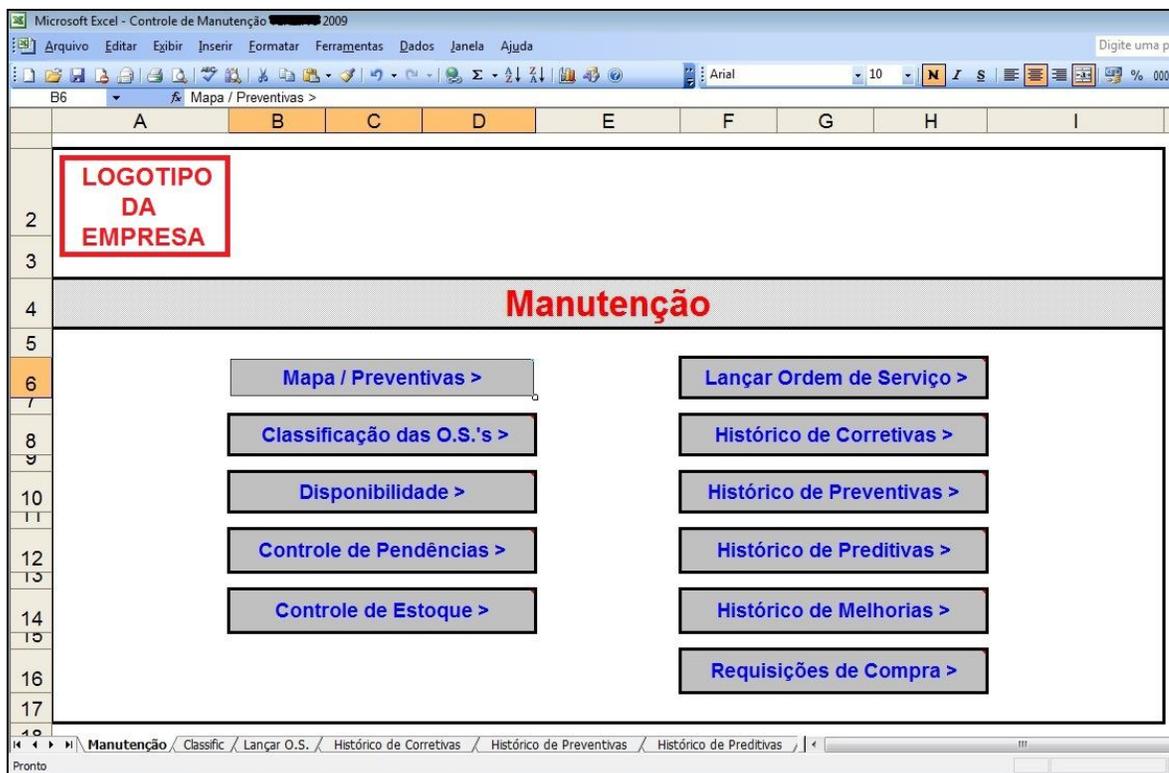


Ilustração 23: Menu Manutenção 2009

Este exemplo é de outra planilha desenvolvida também para controle de manutenção, já no ano de 2009, para uma empresa do ramo de tratamento de superfície metálica e pintura de peças automotivas em Bragança Paulista.

É possível notar que uma difere da outra em relação a formatação (padrão, cor, forma) e também em relação as funcionalidades, tudo visando atender as necessidades de cada empresa.

Voltando para o projeto MAP, o objetivo é levar esta idéia para o desenvolvimento da planilha RFMAP, ou seja, cada RFMAP será desenvolvida de acordo com as necessidades dos clientes, com sua formatação e suas funcionalidades sendo desenvolvidas de forma individual para cada cliente, de forma que cada um terá uma planilha que se identifique com seus padrões e com suas necessidades.

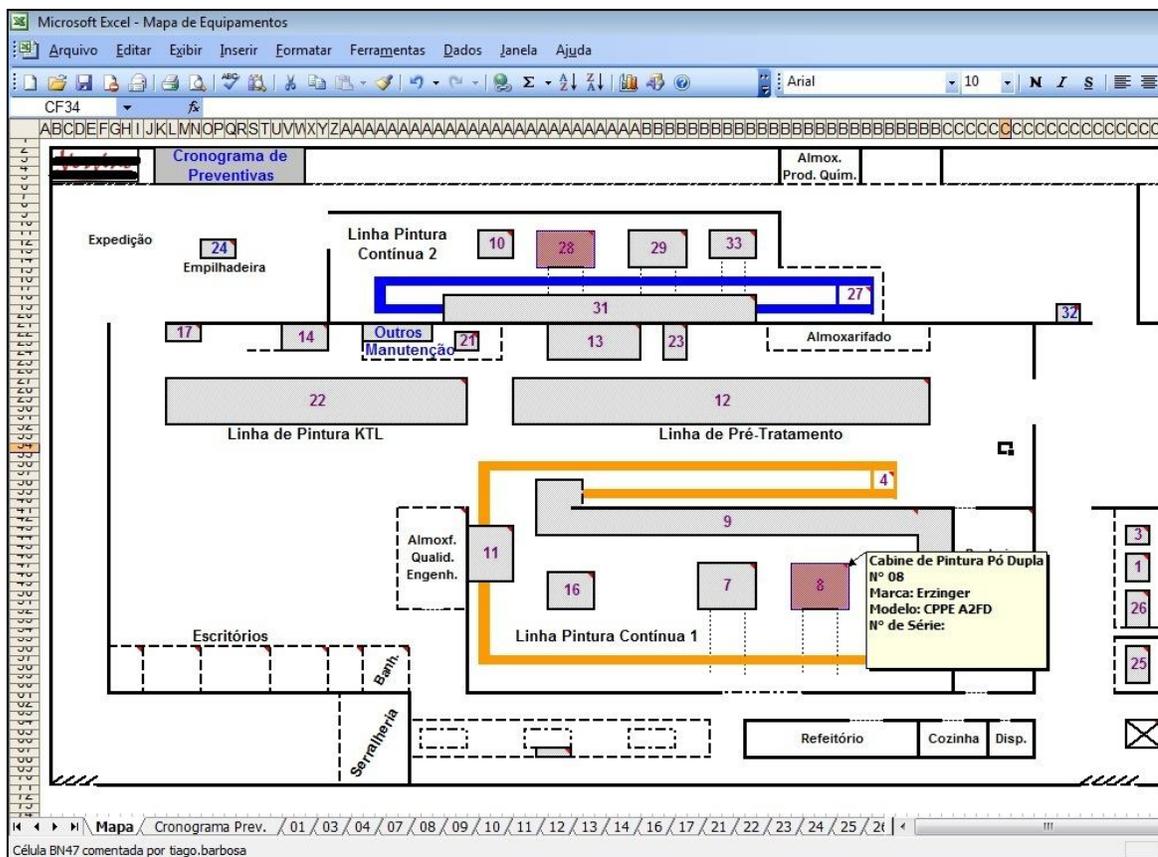


Ilustração 25: Mapa Produção 2009

Este é o mapa da Indústria de tratamento de superfície e pintura, desenvolvido em 2009. É possível ver no exemplo da máquina 8 que ao direcionar a seta do mouse em cima do equipamento podemos obter dados do mesmo como Nome, Número de identificação, marca, modelo e até mesmo número de série em alguns casos.

Ao observar os equipamentos número 8 e 28 pode-se perceber uma diferença na formatação, o padrão para os equipamentos é a cor cinza, no entanto estes dois equipamentos apresentam cor avermelhada, esta é uma formatação condicional que indica uma anormalidade no equipamento. No caso desta planilha que era dedicada apenas ao setor de manutenção, a cor avermelhada indicava que a manutenção preventiva estava atrasada.

Para o projeto do MAP, a idéia é utilizar esta formatação condicional para indicar se o equipamento esta produzindo ou não, ou seja, se o equipamento estiver produzindo corretamente o mesmo manterá uma cor padrão, caso ocorra uma parada de máquina o Mapa existente em RMAP indicará a cor vermelha para este equipamento. Foi feita uma simulação de um caso fictício onde foram consideradas 2 máquinas.

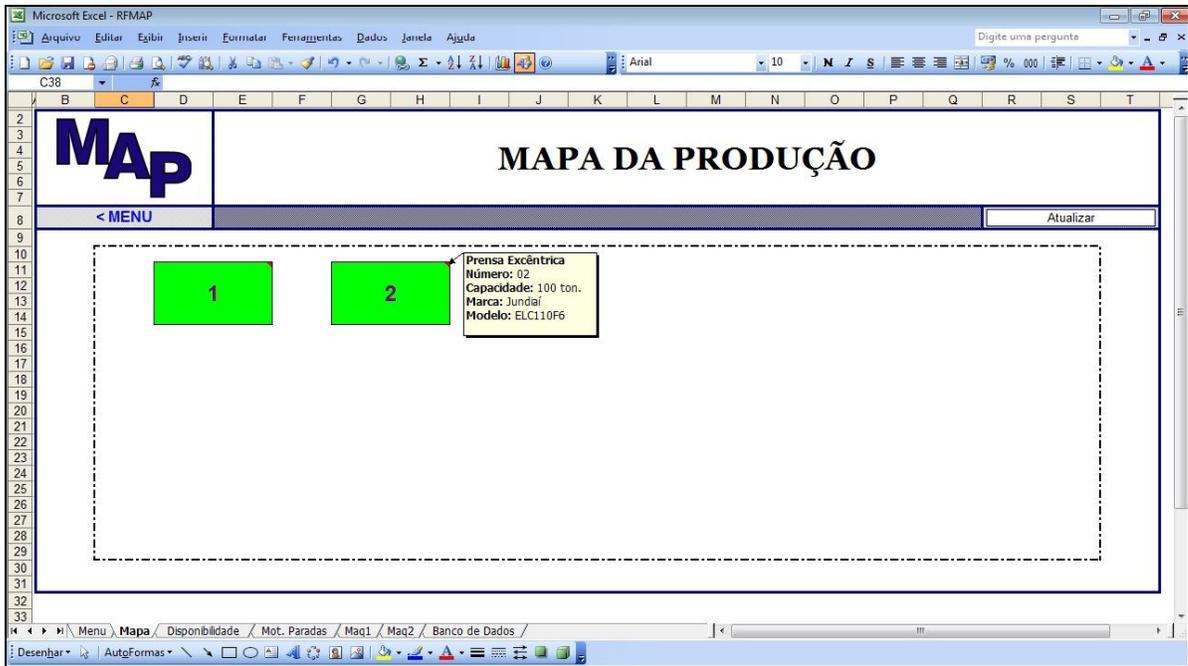


Ilustração 26: Mapa RFMAP

É possível observar que neste mapa, assim como no de 2009, ao direcionarmos a seta do mouse em cima do equipamento podemos obter alguns dados do mesmo. A cor padrão é verde indicando que o equipamento esta produzindo normalmente.



Ilustração 27: Mapa 2 RFMAP

No exemplo da figura 27 a máquina 1 muda de cor indo de verde para vermelho, o que indica que o equipamento não esta produzindo.

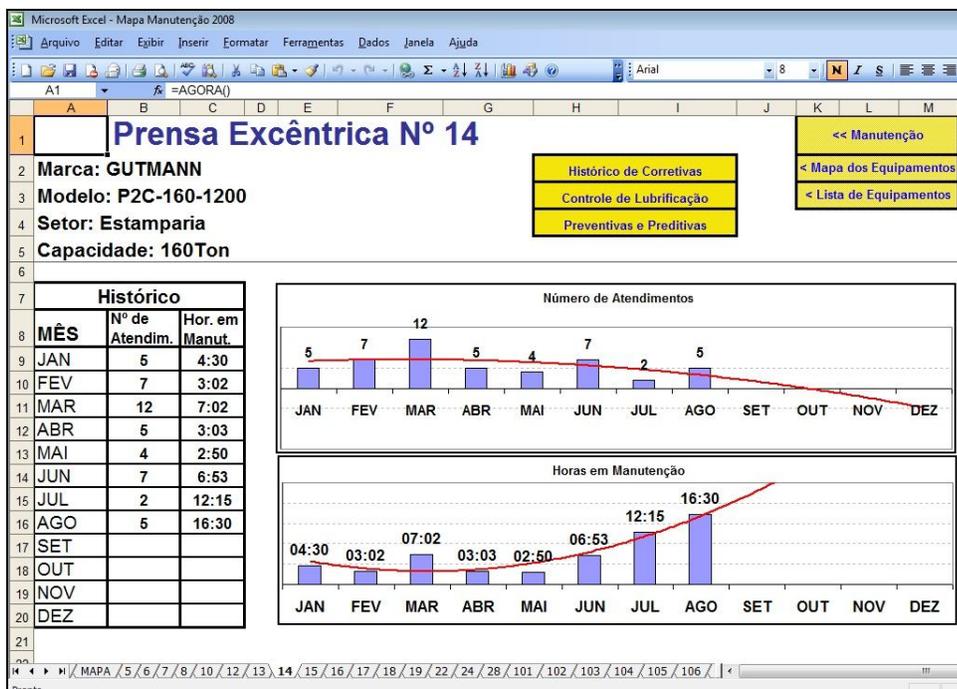


Ilustração 29: Mapa 2008 – máquina 14

A partir da planilha acessada ao clicar sobre a máquina pode-se verificar o desempenho deste equipamento ao longo do ano, é possível saber quantas paradas o equipamento teve e quanto tempo ficou parado em cada mês, e ainda verificar no gráfico a tendência para este equipamento, que no caso da máquina 14 observa-se que nos últimos meses a quantidade de horas em manutenção vem subindo, o que é confirmado pela linha de tendência.

Em RFMAP esta funcionalidade também será aplicada, ao clicar sobre determinado equipamento no mapa o usuário será direcionado para uma planilha contendo informações pertinentes ao desempenho deste equipamento, como quantidade de peças produzidas, estado em que se encontra (produzindo ou não), e no caso da máquina estar parada será possível verificar o motivo da parada e o horário em que ocorreu a parada.

5.2.2.3. Motivo das Paradas

Na guia “Motivo das Paradas” há uma tabela contendo a quantidade de paradas, separado por motivos, e também a quantidade de horas paradas devido a cada motivo pré-estabelecido. A tabela mostra ainda a porcentagem referente a cada motivo de parada de máquina.

Microsoft Excel - RFMAP

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

motparadas

MAP **MOTIVO DAS PARADAS**

< MENU > GRÁFICO >

Motivo da Parada de Máquina	Quantid. de Paradas	% Qt.	Horas Paradas	% Hr.
Falta de Empilhadeira Para Setup	14	17,95	4:30	5,10
Falta de Matéria Prima	4	5,128	1:15	1,42
Falta de Operador	2	2,564	18:00	20,40
Horário de Almoço	26	33,33	27:30	31,16
Manutenção Corretiva de Ferramenta	2	2,564	4:00	4,53
Manutenção Corretiva de Máquina	7	8,974	9:00	10,20
Manutenção Preventiva de Máquina	1	1,282	4:00	4,53
Prioridade de Outra Máquina	2	2,564	6:00	6,80
Setup de Máquina	17	21,79	12:00	13,60
Outros	3	3,846	2:00	2,27
Total	78	100	88:15	100

Pronto

Ilustração 30: Tabela - motivo das paradas

Acima da tabela há um botão chamado “Gráfico”, que por sua vez direciona para gráficos formados a partir dos dados desta tabela de motivo das paradas.

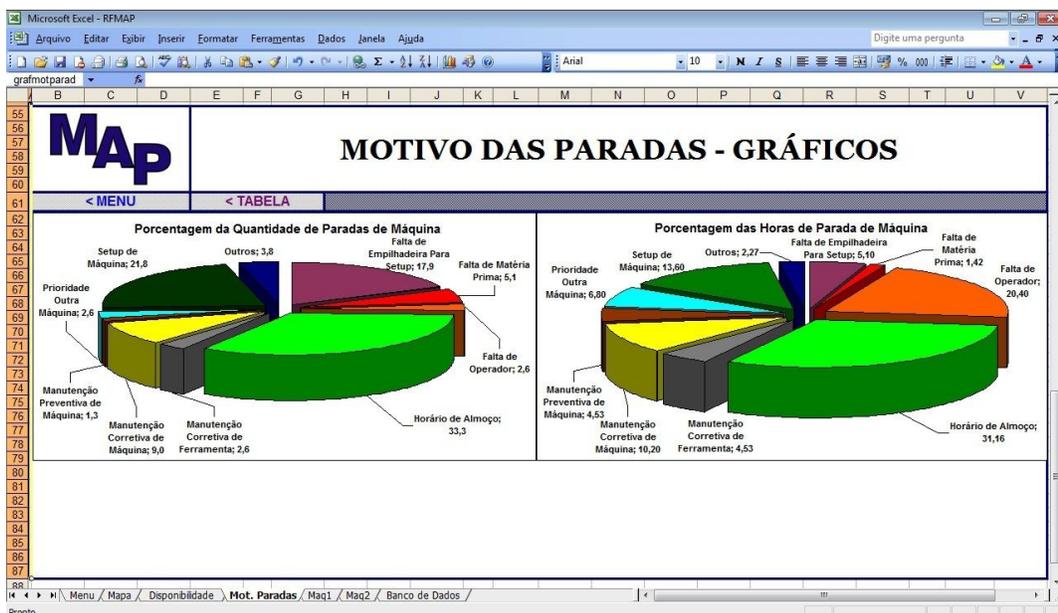


Ilustração 31: Gráfico - motivo das paradas

Neste gráfico acima é possível observar o quanto cada motivo de parada de máquina influencia no total de máquinas paradas, sendo que o gráfico da esquerda indica a porcentagem de ocorrências de parada por cada motivo, já o gráfico da direita indica a

porcentagem de horas paradas para cada motivo. O objetivo do MAP é fornecer gráficos como este abaixo:

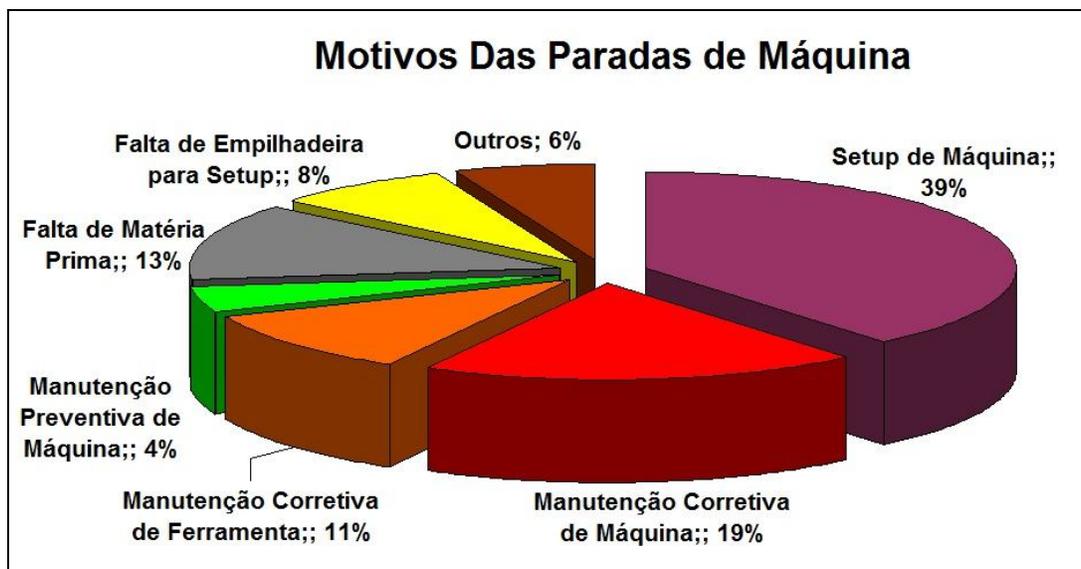


Ilustração 32: Gráfico - motivo das paradas

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do desenvolvimento do sistema MAP foi possível concluir que com a utilização de módulos construídos com eletrônica digital (M.M.), colocados um em cada máquina, com um módulo central realizando a multiplexação (C.M.), utilizando a porta paralela (PP) para realizar a aquisição dos dados, com um programa em linguagem C (PADMAP) para realizar a aquisição dos dados e importá-los para um banco de dados (BDMAP) em Excel e com uma planilha de relatório final (RFMAP) também em Excel, é possível obter os dados da produção de forma mais confiável que o acompanhamento manual realizado através das fichas de acompanhamento de produção, além de ser um sistema mais prático por não precisar de tantos apontadores para recolher as fichas e lançá-las no sistema, diminuindo assim a possibilidade de falha humana, e ainda colabora com o meio ambiente ao diminuir a quantidade de fichas impressas.

Considerando que toda a parte de hardware foi desenvolvida com eletrônica digital da forma mais simples possível, e a parte de software também não exigiu muita complexidade uma vez que a interface gráfica será aproveitada do Excel, que já existe na maioria dos computadores, acredita-se que o custo total do projeto não será muito alto, resultando em um sistema de fácil implantação e custo reduzido, atingindo o objetivo inicial de obter um sistema simples e eficiente.

Além disso o MAP foi capaz de atender a necessidade inicial de desenvolver um sistema que pudesse informar o motivo, quantidade e duração das paradas de máquinas, e a quantidade de peças produzidas. No relatório final RFMAP é possível visualizar em tempo real o estado de cada máquina (parada ou produzindo), a quantidade de paradas por máquinas e o total de horas paradas, e ainda a quantidade de peças produzidas por cada máquina, além de informar a quantidade de paradas e de horas paradas por determinado motivo como manutenção corretiva por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IDOETA, Ivan Valeije; CAPUANO, Francisco Gabriel. Elementos de eletrônica digital. 29. ed. São Paulo: Érica, 1999.
- [2] LOURENCO, Antonio Carlos de; CRUZ, Eduardo Cesar Alves; FERREIRA, Sabrina Rodero. Circuitos digitais. 5. ed. São Paulo: Érica, 2002. 321 p. (Coleção estude e use. Série eletrônica digital)
- [3] JAMSA, Kris; KLANDER, Lars; SANTOS, Jeremias Rene Descartes Pereira dos. Programando em C/C++: a bíblia. São Paulo: Makron, 1999.
- [4] SCHILDT, Herbert. C completo e total. 3. ed. rev. e atual São Paulo: Makron Books, 2006 xx, 827 p.
- [5] HOLZNER, Steven. PETER NORTON COMPUTING CORPORATION. C programação: o guia prático para a programação eficiente. Rio de Janeiro: Associação Educacional Leonardo da Vinci, [c1993]. 569. p.
- [6] CURSO DE LINGUAGEM C DA UFMG; Minas Gerais: [s.n.] jun.2005. Disponível em: <<http://www.ead.cpdee.ufmg.br/cursos/C/download.html>> Acesso em 08 de ago. de 2010.
- [7] MASP. Metodologia de Análise de Solução de Problemas (Controle de Produção). Disponível em: <<http://www.fatecsorocaba.edu.br/metrologia/apostilas/masp.ppt>>. Acesso em: 07 de mar. de 2010.
- [8] SOLEDADE, Guilherme Lopes; Interface Paralela. 1.ed. Dez 2002. Disponível em: <<http://www2.eletronica.org/apostilas-e-ebooks/interfaces/apostila-paralela.pdf>> Acesso em: 18 de jun. 2010.
- [9] Radar Produção. Disponível em: < <http://www.wk.com.br/Produtos/RadarProducao.aspx>> Acesso em 14 de mar. 2010.
- [10] Apontamento Automatizado. Disponível em: <<http://www.seed.com.br/pt/scheduler/Apontamento.aspx>> Acesso em 14 de mar. 2010.
- [11] Apontamento Automatizado. Disponív. em: <<http://www.automaction.com.br/Sysfo.htm>>
- [12] Apontamento Automatizado. Disponível em: <http://www.logismarket.ind.br/centraltec/sistema-de-apontamento-automatico-de-producao/1750342344-1536608011-p.html>. Acesso em 14 de mar. 2010.