

EDUARDO DEPINÉ NETO

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE  
PARA FROTA DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO E  
ARMAZENAGEM – M&A

São Paulo  
2010

EDUARDO DEPINÉ NETO

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE  
PARA FROTA DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO E  
ARMAZENAGEM - M&A

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do certificado de  
Especialista em Engenharia e Gestão de  
Manufatura e Manutenção – MBA/USP

São Paulo  
2010

EDUARDO DEPINÉ NETO

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE  
PARA FROTA DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO E  
ARMAZENAGEM – M&A

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do certificado de  
Especialista em Engenharia e Gestão de  
Manufatura e Manutenção – MBA/USP

Área de Concentração:  
Gestão de Manutenção

Orientador:  
Prof. Dr. Gilberto Francisco M. de Souza

São Paulo  
2010

**DEDALUS - Acervo - EPMN**



31600022595

**FICHA CATALOGRÁFICA**

244971

**Depiné Neto, Eduardo**

**Desenvolvimento e implantação de sistema de controle para**

- **frota de equipamentos de movimentação e armazenagem**  
– M&A / E. Depiné Neto. -- São Paulo, 2009.

**46p.**

**Monografia (MBA em Engenharia e Gestão de Manufatura e Manutenção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

**1. Movimentação e armazenagem de materiais 2. Logística**  
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.

## AGRADECIMENTOS

A um grande amigo que tenho, que da forma dele torna tudo possível, e que sempre se lembrou de mim, mesmo que algumas vezes eu tenha me esquecido dele.

Ao maravilhoso presente que este amigo me deu: Lúcia minha esposa e fonte de minha inspiração.

À minha família, aos velhos e novos membros dela. Os velhos por serem exemplos de conduta e os novos por serem o futuro pelo qual vale à pena lutar.

Aos amigos sempre presentes em minha vida, e com os quais coleciono grandes momentos.

Aos colegas de trabalho que trazem e compartilham desafios e me ajudam a alcançar a realização profissional e pessoal.

Aos professores do PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia da Poli/USP, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante o trabalho.

Ao amigo Michel que com sua enorme força de vontade e determinação tornou realidade o sistema de controle apresentado neste trabalho.

À Penélope, Mel e Bob pelas lambidas.

E a todos os que direta ou indiretamente colaboraram na idealização e execução deste trabalho.

[...] venho de uma obscura província, de um país separado de todos os outros pela sua talhante geografia. Fui o mais abandonado dos poetas e minha poesia foi regional, dolorosa e chuvosa. Mas sempre tive confiança no homem. Jamais perdi a esperança. Por isso talvez tenha chegado até aqui com a minha poesia, e também com a minha bandeira.

Em conclusão, devo dizer aos homens de boa vontade, aos trabalhadores, aos poetas, que todo o futuro foi expresso nessa frase de Rimbaud: Só com uma ardente paciência conquistaremos a esplêndida cidade que dará luz, justiça e dignidade a todos os homens.

Assim a poesia não terá cantado em vão.

*(Néftali Ricardo Reyes Basoalto - Pablo Neruda, em discurso ao receber o Prêmio Nobel de Literatura em 21 de Outubro de 1971, dia em que nasci)*

## RESUMO

As operações nas centrais de distribuição de empresas do comércio atacadista e varejista no Brasil são ainda muito pouco automatizadas em função principalmente da disponibilidade de mão de obra relativamente barata no país, frente ao elevado investimento necessário para a automação. Tal característica operacional traz consigo diversos problemas de manutenção ligados justamente à qualidade e às condições sócio-culturais e motivacionais da mão de obra empregada nas operações convencionais com o uso de empilhadeiras e transpaleteiras. A manutenção destes equipamentos precisa superar desafios relacionados principalmente ao mau-uso e à falta de conservação por parte dos operadores, necessitando constante monitoramento, uma vez que são máquinas com grande mobilidade. O aparecimento de tecnologias sem fio para transmissão de grandes quantidades de informação, baseadas nas redes celulares, está trazendo ao mundo da manutenção uma nova perspectiva, onde se pode ter o monitoramento de equipamentos em tempo real. O presente trabalho visa apresentar o desenvolvimento e aplicação desta nova tecnologia como ferramenta de controle de uso de equipamentos móveis, em específico, equipamentos de movimentação e armazenagem, avaliando as diferentes tecnologias e estratégias utilizadas e demonstrando a importância de se monitorar e reduzir os desperdícios. Desta forma a empresa obtém uma real vantagem competitiva com a redução dos custos de manutenção, maior disponibilidade e conseqüente produtividade dos equipamentos.

Palavras-chave: Centrais de distribuição. Custos de manutenção. Equipamentos de movimentação e armazenagem. Manutenção. Monitoramento de frota.

## ABSTRACT

The operations in distribution centers of wholesale and retail trade companies in Brazil are still not fully automated, mainly due to the availability of labor relatively cheap in the country, compared to the high investment needed for the automation. This operating characteristic brings many maintenance problems related mainly to the quality, social, cultural and motivational of labor employed in conventional operations with fork lift trucks and pallet trucks. The maintenance of such equipment must overcome challenges related mainly to misuse and lack of maintenance by operators, requiring constant monitoring, because they are machines with great mobility. The development of mobile technologies for transmitting large amounts of information, based on wireless networks is bringing to the maintenance world, a fresh perspective, where it may have the monitoring of equipments at real time. This paper presents the development and implementation of these new technologies as tool to control the use of mobile equipment, in particular handling and storage equipment, evaluating the different technologies and strategies used, and demonstrating the importance of monitoring and reducing losses, leading the company to achieve a real competitive advantage by reducing maintenance costs with better availability and consequent productivity of the equipment.

Keywords: Maintenance. Maintenance costs. Handling and storage equipment. Fleet tracking.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Função Pivotal.....	18
<b>Figura 2</b> – Transpaleteira Elétrica Manual.....	20
<b>Figura 3</b> – Transpaleteira Elétrica Simples.....	21
<b>Figura 4</b> – Transpaleteira Elétrica Dupla.....	21
<b>Figura 5</b> – Empilhadeira Elétrica Manual.....	22
<b>Figura 6</b> – Empilhadeira Elétrica Retrátil.....	22
<b>Figura 7</b> – Empilhadeira Contrabalançada à Combustão.....	23
<b>Figura 8</b> – Bateria Tracionária.....	24
<b>Figura 9</b> – Carregador de Baterias Tracionárias.....	24
<b>Figura 10</b> – Exemplo de Rodas Danificadas por Mau-uso.....	28
<b>Figura 11</b> – Avarias em Equipamentos, Estruturas e Mercadorias.....	29
<b>Figura 12</b> – Leitor e <i>Tag</i> Passivo de RFID Tipo Cartão.....	33
<b>Figura 13</b> – Módulo de Comunicação GSM.....	38
<b>Figura 14</b> – Serigrafia com o Posicionamento dos Componentes.....	40
<b>Figura 15</b> – Protótipo em Circuito Impresso do Módulo Principal.....	40
<b>Figura 16</b> – Visão Geral do Circuito do Módulo Principal.....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.3.1</b>	– Frota de Equipamentos de M&A.....	16
<b>Tabela 2.1</b>	– Principais Falhas e Causas.....	23
<b>Tabela 2.3</b>	– Custo de Aquisição de Equipamentos Novos.....	25
<b>Tabela 2.4</b>	– Custo Histórico de Manutenção.....	26
<b>Tabela 4.7</b>	– Investimento e Despesas.....	42
<b>Tabela 5</b>	– Principais Resultados Esperados.....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>BDI</b>	Indicador de Descarga de Bateria, do inglês "Battery Discharge Indicator"
<b>EPC</b>	Código Eletrônico de Produto, do inglês "Electronic Product Code"
<b>FMEA</b>	Análise de Modos e Efeitos de Falha, do inglês "Failure Mode & Effect Analysis"
<b>GPRS</b>	Serviço de Rádio de Pacote Geral, do inglês "General Packet Radio Service"
<b>GSM</b>	Sistema Global de Telefonia Móvel, do inglês "Global System for Mobile"
<b>LCD</b>	Monitor de Cristal Líquido, do inglês "Liquid Crystal Display"
<b>LED</b>	Diodo Emissor de Luz, do inglês "Light Emitting Diode"
<b>M&amp;A</b>	Movimentação e Armazenagem
<b>RF</b>	Frequência de Rádio, do inglês "Radio Frequency"
<b>RFID</b>	Identificação por Frequência de Rádio, do inglês "Radio Frequency Identification"
<b>ROI</b>	Retorno Sobre o Investimento, do inglês "Return of Investment"
<b>RTCC</b>	Relógio e Calendário em Tempo Real, do inglês "Real Time Clock & Calendar"
<b>VLM</b>	Módulo de Elevação Vertical, do inglês "Vertical Lift Module"

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A</b>	Unidade de Corrente Elétrica – “Ampère”
<b>Ah</b>	Unidade de Carga Elétrica – “Ampère-Hora”
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Ácido Sulfúrico
<b>Vcc</b>	Unidade de Tensão Elétrica em Corrente Contínua – “Volt”

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Objetivo.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Escopo.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 A Empresa.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Revisão da Literatura.....</b>	<b>17</b>
<b>2 EQUIPAMENTOS DE M&amp;A.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Modelos e Aplicações.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Acessórios.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Custos Operacionais.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 Histórico de Manutenção.....</b>	<b>25</b>
<b>3 USO E MANUTENÇÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>4 O SISTEMA DE CONTROLE DE FROTA.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Desenvolvimento.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Identificação.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Liberação de Acesso.....</b>	<b>34</b>
<b>4.4 Monitoramento.....</b>	<b>35</b>
<b>4.5 Comunicação.....</b>	<b>37</b>
<b>4.6 Projeto e Desenvolvimento.....</b>	<b>39</b>
<b>4.7 Investimento.....</b>	<b>41</b>
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção de equipamentos de M&A (Movimentação e Armazenagem), utilizados em operações logísticas, apresenta desafios interessantes, em especial pelas características de uso dos equipamentos, onde o fator humano é uma variável complexa e decisiva, e não por sua complexidade técnica.

Uma frota de equipamentos de M&A é composta normalmente por empilhadeiras elétricas ou à combustão, responsáveis pela movimentação vertical e horizontal dos produtos estocados, os quais são montados em paletes (estrados de madeira) para facilitar a operação de armazenagem e o manuseio. Outros tipos de equipamentos, como transpaleteiras elétricas e manuais são utilizados nas operações de separação e carregamento (carga e descarga de caminhões em docas).

O desafio na manutenção deste tipo de equipamento dá-se principalmente por um motivo simples: sendo todos equipamentos de grande mobilidade, o cuidado (ou falta de) que o operador tem na operação e conservação das máquinas está ligado a fatores motivacionais, culturais, de produtividade, de treinamento e de organização, fatores estes que passam invariavelmente pela escolha corporativa sobre quais devem ser priorizados.

O caso estudado neste trabalho refere-se a uma frota aproximada de 800 máquinas próprias, utilizadas nas centrais de distribuição de uma grande empresa do ramo varejista e que são operadas por um efetivo de 2.100 operadores, sendo que a rotatividade média anual de pessoas (*turn-over*) é superior a 20%. Tal rotatividade traz sérios problemas para a manutenção dos equipamentos. Os defeitos mais comuns são justamente aqueles em que o operador teria a capacidade de antecipá-los, percebendo os sintomas e podendo evitar danos maiores.

Após buscar a participação ativa dos operadores através de um controle de uso e uma rotina de avaliação diária (*check-list*), e tendo percebido um resultado pouco significativo na melhoria da conservação dos equipamentos devido às dificuldades na implantação desta metodologia pelos motivos acima explicados,

chegou-se à conclusão que seria interessante a utilização de novas tecnologias para monitoramento dos equipamentos e registro dos dados relativos à sua utilização, sem a necessidade de interferência ou participação do operador.

O desenvolvimento e a implantação desta tecnologia, baseada em aparelhos instalados nas máquinas com o fim de monitorar variáveis e transmiti-las a um banco de dados central, em tempo real, são a base deste trabalho, que visa demonstrar as dificuldades e soluções encontradas.

Pelo motivo do sistema estar em desenvolvimento quando da elaboração deste trabalho, os resultados alcançados serão abordados de forma presumida.

## **1.1 Objetivo**

O objetivo do presente trabalho é demonstrar o desenvolvimento e a implantação de um sistema de controle, baseado em dispositivos eletrônicos destinados a monitorar a utilização de equipamentos de M&A, nas centrais de distribuição de uma grande empresa de varejo.

O sistema foi desenvolvido internamente, utilizando recursos existentes (oficina eletrônica, centro de usinagem, oficina mecânica, etc.) e é voltado especialmente para o registro de informações sobre a utilização e com vistas à redução dos custos com manutenção e também à melhoria do estado de conservação e de segurança dos equipamentos de M&A.

A frota objeto deste projeto consiste em cerca de 800 equipamentos, divididos entre empilhadeiras elétricas retráteis e patoladas, empilhadeiras à combustão contrabalançadas, e transpaleteiras elétricas simples e duplas com operador à bordo ou manuais com operador andando.

O sistema é baseado na comunicação em tempo real dos dispositivos instalados nos equipamentos com o servidor central, através da utilização de tecnologia GPRS (*General Packet Radio Service*), a qual apresenta-se como um

recurso novo e com grande aplicabilidade no gerenciamento de frotas de veículos e outros equipamentos móveis. Essa tecnologia vem sendo utilizada, por exemplo, no controle de tempo de espera na frota de ônibus da cidade de São Paulo e também em empresas de monitoramento e rastreamento de veículos.

## **1.2 Escopo**

O presente trabalho foi dividido em quatro partes, conforme abaixo:

No capítulo dois são apresentados os equipamentos para os quais foi desenvolvido o projeto, com informações de características de operação, desempenho e custos.

O capítulo três trata de apresentar os principais problemas relacionados à operação e manutenção dos equipamentos, fornecendo um embasamento para a justificativa do desenvolvimento do projeto apresentado. São apontados também os principais objetivos do ponto de vista administrativo da manutenção de máquinas, face à possibilidade de obtenção de ganhos operacionais e de redução de custos.

No capítulo quatro é apresentado o projeto do sistema propriamente dito, suas características e os desafios encontrados no seu desenvolvimento, relacionadas a custo e escolha dos componentes e tecnologias estudadas e aplicadas.

A quarta e última parte (capítulo cinco), trata de demonstrar os ganhos obtidos na implantação do projeto e as dificuldades encontradas em sua aplicação prática, bem, como as possibilidades de aplicação em outros modelos operacionais.

## **1.3 A Empresa**

A empresa, cujas operações são o cenário deste projeto, será denominada ao longo do texto com o nome fictício de Supermercados Copacabana, visando a proteção e confidencialidade de sua imagem.

Os dados apresentados a seguir fazem parte de sua história e refletem o exemplo de pioneirismo e empreendedorismo de uma empresa nacional, hoje líder no mercado de varejo.

A rede de supermercados Copacabana nasceu do sonho de um imigrante português que chegou ao Brasil em 1929, e que já trazia em sua bagagem muita coragem e vontade de vencer.

A primeira loja foi inaugurada no centro de São Paulo em 1948 e começou como uma doceira que prestava também o serviço de buffet para casamentos e festas diversas.

Durante os anos seguintes o negócio prosperou e tomou volume levando a empresa a ter hoje mais de 600 lojas em diversas categorias e estados brasileiros, atendendo aos mais variados públicos alvos, e a ser uma empresa de capital aberto com vendas brutas totais superiores a R\$ 20 bilhões ao ano. A empresa conta também com um quadro de aproximadamente 70 mil funcionários, sendo considerada uma das maiores empregadoras do país.

Para atender à demanda das lojas, a empresa estruturou-se, tendo atualmente 19 centrais de distribuição, com uma área útil de armazenagem total de mais de 385.000m<sup>2</sup>. Para efetuar o recebimento, armazenamento, separação e expedição das mercadorias nestas centrais de distribuição, é utilizada uma frota de mais de 800 equipamentos de M&A, divididos conforme tabela 1.3.1.

**Tabela 1.3.1 - Frota de Equipamentos de M&A**

Descrição	Quant.	% da Frota
Transpaleteiras Elétricas Manuais	68	8,5%
Transpaleteiras Elétricas Simples	369	45,9%
Transpaleteiras Elétricas Duplas	153	19,0%
Empilhadeiras Elétricas Manuais	17	2,1%
Empilhadeiras Elétricas Retrâteis	149	18,5%
Empilhadeiras à Combustão	48	6,0%
<b>Total</b>	<b>804</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Relação de Equipamentos da Manutenção Jul/2009

A frota é constituída por máquinas próprias e com idade média de 7 anos, sendo que nos últimos 3 anos, a frota foi renovada em cerca de 45% de seu total.

Os dados apresentados foram extraídos de planilhas internas de controle da manutenção, baseadas em julho de 2009, época de início do desenvolvimento do projeto e apresentam informações referentes apenas às centrais de distribuição, excluindo-se a frota existente em lojas e demais empresas do grupo, por não fazerem parte do escopo deste trabalho.

#### **1.4 Revisão da Literatura**

Em pesquisa ao material existente, percebeu-se a especificidade do tema proposto havendo, no entanto, citações de autores diversos sobre os fundamentos principais deste trabalho, e que muito contribuíram para a caracterização e fundamentação do projeto estudado.

Rosa (2006) apresenta uma aplicação de sistema de RFID (*Radio Frequency Identification*), voltada para a cadeia de suprimentos (*supply chain*) onde demonstra as vantagens competitivas no uso desta tecnologia de identificação eletrônica e que também será apresentada neste projeto, na liberação de uso para o usuário (*login*) do equipamento de movimentação, quando de sua validação e registro de acesso.

Ballou (2007) descreve como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivos para as atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos. Isso está absolutamente em linha com o objetivo principal deste trabalho que é, do ponto de vista da manutenção, ajudar a logística a reduzir seus custos operacionais e aumentar sua eficiência.

Tavares (1999) observa que a economia de escala vem dando lugar à economia de escopo, onde a manutenção desponta como a única função operacional que influencia e melhora os três eixos determinantes do desempenho

industrial ao mesmo tempo: Qualidade, Custos e Prazos, ou a comumente chamada “Função Pivotal”, ilustrado na Fig. 1.

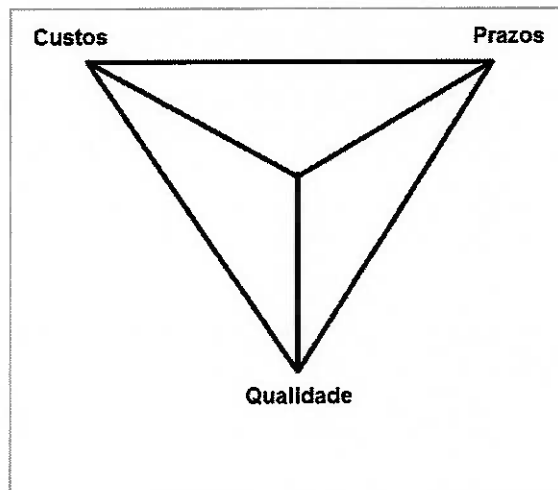


Figura 1 – Função Pivotal

Quanto às condições de utilização dos equipamentos, Siqueira (2005), propõe uma classificação de modos de falha humanos, considerando aspectos de atenção, esquecimento, conhecimento e intenção, que pode ser adaptada para a análise dos problemas envolvendo o mau-uso na operação das máquinas, sendo:

- **Distração:** Falha de atenção, em que uma ação prevista não é executada ou é substituída por uma alternativa errada, por acidente, mesmo havendo a compreensão correta da situação e a formulação correta das intenções;

- **Lapso:** Quando uma ação prevista não é executada, por esquecimento do executante ou planejador;

- **Engano:** Falha de conhecimento, provocada por erro de interpretação na execução ou formulação de um plano;

- **Violação:** Desvio intencional de regras, práticas, procedimentos e normas estabelecidas;

Xenos (1998), conceitua que em função das metas cada vez mais desafiadoras na produção, uma maneira de se obter o aumento da disponibilidade dos equipamentos é a capacitação dos operadores para que detectem em um estágio inicial quaisquer anomalias no funcionamento destes equipamentos. Em muitas situações os operadores podem utilizar seus sentidos, tornando-se

“sensores humanos”, detectando e relatando as anomalias, para que a manutenção seja realizada antes do agravamento dos danos, podendo com isso colaborar em muito na redução da parada e custos de reparos dos equipamentos.

Moubray (2000) comenta que o melhor modo de se conseguir informações para a preparação de um estudo de FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*), é através do pessoal que opera e faz a manutenção dos equipamentos no dia-a-dia, pois são justamente essas pessoas que sabem como os equipamentos operam, o que está errado, qual o significado de cada falha e o que deve ser feito para corrigi-las.

Martins (2008) caracteriza a “perda” como sendo bem ou serviço consumidos de forma anormal e involuntária e, portanto os gastos com manutenção decorrentes de mau-uso dos equipamentos sejam eles intencionais ou não, vão diretamente para a conta do resultado, justamente por não serem previstos na manutenção normal dos equipamentos e dos custos produtivos.

## 2 EQUIPAMENTOS DE M&A

O modelo de operações de movimentação e armazenagem de mercadorias utilizado nas centrais de distribuição dos Supermercados Copacabana, apesar de ser caracterizado por um bom nível de automação da coleta e envio de informações operacionais através de coletores de dados com RF (*Radio Frequency*), possui um baixo nível de automação na movimentação física das mercadorias. Este fato deve-se ao relativo baixo custo da mão de obra no Brasil frente aos altos investimentos necessários para a implantação de sistemas totalmente automatizados como VLM's (*Vertical Lift Module*) e trans-elevadores, que nada mais são do que robôs destinados ao armazenamento das mercadorias.

Por este motivo são utilizadas empilhadeiras e transpaleteiras, cuja manutenção e conservação está diretamente ligada à qualidade da mão de obra empregada em sua operação.

### 2.1 Modelos e Aplicações

Os principais modelos de equipamentos e suas características operacionais são:

- Transpaleteira Elétrica Manual: Equipamento utilizado em operações de separação (*picking*), em substituição aos carrinhos manuais (paleteiras hidráulicas), por apresentarem maior produtividade e menor esforço para o operador. Possuem capacidade de carga entre 1.600 e 2.200kg. O modelo é apresentado na Fig. 2.



Figura 2 – Transpaleteira Elétrica Manual

- Transpaleteira Elétrica Simples: Equipamento utilizado em operações de separação e carregamento (Fig. 3). Possuem garfos de 1.150mm, permitindo o transporte de um palete por vez. A capacidade de carga varia entre 2.000 e 2.700kg.



Figura 3 – Transpaleteira Elétrica Simples

- Transpaleteira Elétrica Dupla: Equipamento utilizado em operações de movimentação horizontal de grande distância (Fig. 4). Possuem garfos de 2.400mm, permitindo o transporte de dois paletes por vez. A capacidade de carga varia entre 2.500 e 3.600kg.



Figura 4 – Transpaleteira Elétrica Dupla

- Empilhadeiras Elétricas Manuais: Equipamento utilizado em operações de movimentação vertical de produtos fracionados (Fig. 5). Possuem capacidade de carga entre 1.200 e 1.600kg com elevação máxima de 6.600mm.



Figura 5 – Empilhadeira Elétrica Manual

- Empilhadeira Elétrica Retrátil: Equipamento utilizado em operações de movimentação vertical de produtos paletizados (Fig. 6). Possuem capacidade de carga entre 1.600 e 2.000kg com elevação máxima de 11.525mm.



Figura 6 – Empilhadeira Elétrica Retrátil

- Empilhadeira Contrabalançada à Combustão: Equipamento utilizado em operações de movimentação de mercadorias não armazenadas em estruturas porta-paletes, e carregamento de caminhões fora de docas (Fig. 7). Possuem capacidade de carga entre 1.800 e 3.000kg com elevação máxima de 7.000mm.



Figura 7 – Empilhadeira Contrabalançada à Combustão

As causas principais de falhas para cada modelo apresentado foram estudadas e os resultados são detalhados na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Principais Falhas e Causas

Falha	Causa da Falha	O	C	R
Plataforma do operador amassada	Impactos frontais	1	9	3
Queima de motor de tração ou placa controladora	Temperatura elevada por esforço excessivo, ex.: empurrar paletes, trafegar em alta velocidade por grandes distâncias, excesso de carga, etc.	2	1	4
Quebra de mancais de apoio	Desnivelamento das docas de carga	3	7	10
Rodas e mancais esmerilhados	Rodas travadas por filme plástico ou pedaços de madeira	4	6	11
Quebra de varão de elevação	Excesso de carga	5	11	9
Quebra de transmissões	Empurrar paletes ou reverter o sentido sem a parada da máquina	6	2	5
Timão ou manoplas quebrados	Sentar sobre o timão ou impactos frontais	7	5	7
Garfos gastos ou tortos	Andar com os garfos arrastando no chão ou elevação de carga em um só garfo	8	10	6
Quebra de faróis e espelhos retrovisores	Impactos laterais e queda de objetos e paletes por manobras bruscas	9	8	8
Queima de juntas de motor	Utilizar o equipamento com nível baixo de água e óleo do motor	10	3	2
Tombamento da máquina	Movimentação horizontal em velocidade com os garfos elevados	11	4	1

Fonte: Ordens de Serviço entre Jan/2008 e Jul/2009

As colunas O, C e R, referem-se respectivamente aos índices de Ocorrência, Custo e tempo de Reparo

## 2.2 Acessórios

As empilhadeiras e transpaleteiras elétricas operam alimentadas por baterias tracionárias, as quais requerem alguns acessórios, tais como:

- **Bateria Tracionária:** Item responsável pelo armazenamento e suprimento de energia para a operação dos equipamentos elétricos (Fig. 8). Possui vasos independentes que contém um conjunto de placas positivas e negativas separadas entre si e imersas em uma solução de Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) com densidade de  $1.280g/dm^3$ . Funcionam também como contrapeso nas empilhadeiras elétricas.



Figura 8 – Bateria Tracionária

- **Carregador de Baterias Tracionárias:** Aparelho retificador responsável pela conversão de energia e recarga adequada das baterias tracionárias (Fig. 9).

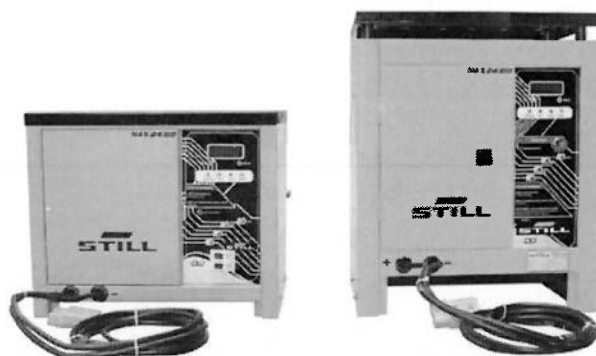


Figura 9 – Carregador de Baterias Tracionárias

Outros equipamentos como carrinhos de troca e suportes de baterias são utilizados para a movimentação e armazenagem das baterias tracionárias nas salas de recarga de baterias.

## 2.3 Custos Operacionais

A tabela 2.3 abaixo fornece um parâmetro de valor para equipamentos novos, conforme os modelos já apresentados:

**Tabela 2.3 - Custo de Aquisição de Equipamentos Novos**

Descrição	Custo de Aquisição (R\$)
Transpaleteira Elétrica Manual	17.000,00
Transpaleteira Elétrica Simples	25.000,00
Transpaleteira Elétrica Dupla	27.000,00
Empilhadeira Elétrica Manual	32.000,00
Empilhadeira Elétrica Retrátil	92.000,00
Empilhadeira à Combustão	68.000,00
Bateria 324Ah/24Vcc	3.800,00
Bateria 500Ah/24Vcc	5.500,00
Bateria 608Ah/48Vcc	12.000,00
Carregador Duplo 90A/24Vcc	4.500,00
Carregador Duplo 100A/48Vcc	6.600,00
Suporte Quádruplo de Baterias 24Vcc	2.500,00
Suporte Quádruplo de Baterias 48Vcc	4.000,00
Carrinho de Troca de Baterias de 24vcc	1.200,00
Carrinho de Troca de Baterias de 48vcc	1.800,00
<b>Total</b>	

Fonte: Valores de mercado cotados em Jul/2009

Considerando-se a frota de equipamentos e os valores apresentados na tabela 2.3, estima-se o valor da frota dos Supermercados Copacabana (somente máquinas), em aproximadamente R\$ 32 milhões.

## 2.4 Histórico de Manutenção

A partir dos dados de manutenção existentes nas ordens de serviço, pode-se apurar o custo de manutenção atual dos equipamentos de M&A.

A manutenção de carregadores e baterias tracionárias foi considerada como custo operacional e desconsiderada do presente estudo, devendo, no entanto ser considerado o custo de reposição anual necessário para substituição de baterias

que atingiram o fim de sua vida útil, cuja média atual é de aproximadamente 4 anos. O resultado é apresentado na tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Custo Histórico de Manutenção

Descrição	Quant.	Custo de Manutenção (R\$/mês)		Total (R\$/mês)
		M.Obra	Peças	
Transpaleteira Elétrica Manual	68	85,00	140,00	15.300,00
Transpaleteira Elétrica Simples	369	180,00	640,00	302.580,00
Transpaleteira Elétrica Dupla	153	210,00	470,00	104.040,00
Empilhadeira Elétrica Manual	17	360,00	320,00	11.560,00
Empilhadeira Elétrica Retrátil	149	430,00	585,00	151.235,00
Empilhadeira à Combustão	48	190,00	330,00	24.960,00
<b>Total</b>	<b>804</b>			<b>R\$ 609.675,00</b>

Fonte: Ordens de Serviço entre Jan/2008 e Jul/2009

Foi desconsiderada a manutenção de baterias tracionárias e respectivos acessórios

Percebe-se um custo elevado de manutenção para a frota de equipamentos, uma vez que o gasto anual com manutenção chega a ser 23% do valor do parque de máquinas.

Os valores apresentados são ilustrativos da importância da redução dos custos de manutenção com os equipamentos e a conservação da frota, como meios de evitar o consumo de recursos valiosos que a empresa poderia estar aplicando, por exemplo, na ampliação de suas operações, e que foram o principal fator motivador para o desenvolvimento deste projeto.

### 3 USO E MANUTENÇÃO

A manutenção dos equipamentos de M&A está intimamente ligada à sua correta operação e utilização, que por diversos motivos é negligenciada, conforme Siqueira (2005) e já detalhado na revisão da literatura.

Ao ser relatada uma ocorrência de acidente envolvendo um dos equipamentos de M&A, por colisão com outros equipamentos ou com as estruturas de armazenagem, era relativamente comum a seguinte constatação:

- O *check-list* diário que o operador deve fazer no início de sua jornada de trabalho, justamente para não utilizar um equipamento sem condições seguras de operação, estava indevidamente preenchido ou não havia sido efetuado;

- O principal motivo alegado para a perda de controle da máquina, era defeito nos freios, sem que houvesse, porém, a devida abertura de ordem de serviço para a correção do defeito e a correspondente parada da máquina para o reparo, tendo o operador optado por trabalhar com o defeito, utilizando apenas a reversão, que consiste na desaceleração do equipamento através da inversão de sentido de tração, sem uso de freio mecânico;

- Houvera um excesso de velocidade durante o impacto. Alguns modelos de máquinas chegam a atingir 18km/h, conforme dados de seus fabricantes, velocidades estas que associadas à massa total em movimento (máquina, bateria, carga e operador), podem ocasionar sérios danos às estruturas e equipamentos, bem como ao próprio operador ou à terceiros;

- Não era feita a fixação homem-máquina, isto é, os operadores trabalhavam com equipamentos diferentes a cada turno, deixando de ter a devida noção do que era ou não um sintoma novo no equipamento, através do ruído, vibração ou características dinâmicas, tornando assim estes sintomas sem efeito para a antecipação e solução das falhas.

Outros exemplos de uso indevido de equipamentos de M&A nas centrais de distribuição dos Supermercados Copacabana eram:

- Carga acima do especificado para o equipamento ou para as condições do piso, como por exemplo, durante a carga e descarga no interior de caminhões, provocando a quebra dos varões e o empenamento dos garfos das máquinas;

- Dispositivos de proteção desabilitados intencionalmente, como por exemplo, o pedal de homem-morto que evita que o equipamento se movimente sem que o operador esteja corretamente posicionado ou o botão de máxima velocidade, que impede que o equipamento saia da imobilidade já com a aceleração máxima;

- Posicionamento incorreto do operador. As lesões mais comuns eram as causadas por impactos e esmagamentos em pernas e pés;

- Avarias em rodas e mancais giratórios em função do travamento por objetos estranhos, como restos de madeira dos paletes ou filme plástico, como mostrado na Fig. 10.



Figura 10 – Exemplo de Rodas Danificadas por Mau-uso

- Descarga excessiva da bateria, abaixo do mínimo de 20% de carga residual, o que leva a um maior tempo para recarga e redução da vida útil da bateria, e também a danos em componentes eletrônicos das máquinas;

- Danos em motores e placas controladoras de velocidade, devido à rápida subtensão da bateria causada por uma operação dupla, como por exemplo, movimentar a empilhadeira ao mesmo tempo em que a carga é elevada;

- Avarias na plataforma de operação, coxins de motor e sérios danos estruturais devido a impactos frontais;

- Brincadeiras e competições com manobras ousadas e perigosas;

- Impactos em estruturas porta-paletes devido à desatenção ou excesso de velocidade, com conseqüências como danos estruturais às máquinas e montantes, chegando, em impactos fortes, a provocar a queda de mercadorias, como pode ser observado na Fig. 11:



Figura 11 – Avarias em Equipamentos, Estruturas e Mercadorias

- Tombamentos de empilhadeiras devido ao rápido deslocamento ou frenagem da máquina com carga em posição elevada;

- Quedas de plataforma devido ao excesso de velocidade em manobras durante a entrada e saída de caminhões, provocando danos também às baterias com o derramamento do eletrólito e curtos internos dos elementos;

- Quebra de acessórios como faróis, espelhos e painéis, devido à queda de paletes e mercadorias ou colisões com estruturas.

Um levantamento efetuado em 2008, mostrou que cerca de 25% das falhas e gastos com peças e serviços na recuperação dos equipamentos, tinha como base o mau-uso, e levando-se em conta os custos apresentados na tabela 2.4, pode-se traduzir isso em uma perda de cerca de R\$150 mil/mês ou R\$ 1,8 milhões/ano.

Reuniões e estratégias foram utilizadas para conscientização dos operadores acerca dos gastos envolvidos e como estes valores poderiam ser convertidos em uma renovação maior e melhor conservação da frota, porém o resultado não foi expressivo, não se convertendo em economia de recursos. Percebeu-se então que o problema tinha como base alguns pontos chave:

- Os operadores que provocavam o mau-uso dos equipamentos normalmente não podiam ser identificados e, portanto responsabilizados, justamente por não haver um controle de utilização do equipamento;

- A solução de se utilizar chaves para controlar a utilização dos equipamentos, não se mostrava eficiente, uma vez que os operadores as perdiam e acabavam ligando o equipamento através de ligação direta ou chaves similares;

- O nível de rotatividade dos operadores era superior a 20% ao ano, levando a uma ineficiência no treinamento e capacitação destes;

- Faziam parte do cenário, fatores comportamentais, onde os operadores utilizavam seus equipamentos como forma de posicionamento social, ou seja, realizavam manobras ousadas e perigosas demonstrando rebeldia e pouca ou nenhuma preocupação com sua carreira na empresa, sua segurança ou a de outros;

Observando os problemas apontados e percebendo a incapacidade de resolvê-los utilizando-se apenas os meios tradicionais de conscientização e treinamento, detectou-se a necessidade de ter nos equipamentos aparelhos que pudessem monitorar a utilização e ajudar a criar um processo de acompanhamento e registro das ocorrências. Desta forma, instigou-se uma maior preocupação por parte dos usuários na conservação dos equipamentos, reduzindo-se as ocorrências de mau-uso com a conseqüente diminuição dos gastos com manutenção.

#### 4 O SISTEMA DE CONTROLE DE FROTA

O ponto de partida foi buscar junto aos fabricantes de equipamentos de movimentação uma solução já pronta e funcional, que atendesse as necessidades da manutenção dos Supermercados Copacabana. Consideraram-se como premissas:

- Um sistema que pudesse liberar ou não o acesso aos equipamentos, mediante a identificação do operador, e que não dependesse de senhas, pois um sistema com senhas já havia sido testado, mostrando-se pouco prático e dependente do comprometimento de operadores e encarregados operacionais, não obtendo os resultados esperados;

- Um sistema que oferecesse a possibilidade de monitoramento de diversas variáveis técnicas, algumas já mensuradas originalmente nos equipamentos e outras incorporadas ao projeto, tais como: Horímetro, tensão da bateria, códigos de falhas, nível de impacto, data e hora das ocorrências, produtividade, etc.;

- O sistema precisaria ter poucos elementos de interface com o usuário, tais como botões, chaves, conectores, etc., pois a experiência demonstrava que os operadores tinham o costume de danificar tais elementos conforme já explanado sobre mau-uso;

- Precisaria efetuar o registro dos dados, sendo que a coleta destes deveria ser facilitada e preferencialmente sem necessidade de parada do equipamento;

- Precisaria ser viável economicamente, com um ROI (*Return Of Investment*) esperado inferior a 24 meses.

Com estas premissas em mente, foram feitas algumas escolhas, as quais passam a ser melhor explanadas à seguir.

## 4.1 Desenvolvimento

Uma primeira avaliação do que havia disponível no mercado, deixou claro que as soluções existentes, ou tinham um custo inicial elevado, ou não atendiam as demais premissas integralmente. Outra característica era a pouca experiência dos fabricantes destes sistemas no mercado nacional, representando uma probabilidade maior de fatores não previstos interferirem na implantação do sistema, tais como:

- Frequência de trabalho dos transmissores e receptores de RF que poderiam interferir nas antenas dos leitores (*scanners*) utilizados na operação das centrais de distribuição;

- Curto alcance e/ou tamanho excessivo das antenas a serem utilizadas para se poder atingir toda a extensão dos galpões, que em alguns casos superava 300m de distância entre um ponto e outro;

- Tamanho dos aparelhos e tensão de trabalho não compatíveis com as transpaletas e empilhadeiras elétricas, uma vez que eram desenvolvidos para empilhadeiras à combustão.

Assim, em função de se buscar uma alternativa que pudesse contemplar todas ou as principais premissas apresentadas, foi que se decidiu desenvolver internamente o sistema, havendo outras facilidades que também contribuíram para esta decisão, como por exemplo, o fato de haver uma oficina eletrônica disponível e com técnicos capacitados para tal projeto, bastando apenas tempo, recursos materiais e o direcionamento para o desenvolvimento do sistema.

## 4.2 Identificação

A primeira premissa era de que o sistema deveria identificar o operador que iria utilizar o equipamento, de forma simples e confiável. Um controle através de senhas já havia se mostrado ineficaz, uma vez que as senhas eram divulgadas pelos próprios encarregados operacionais que necessitavam de versatilidade na

utilização das máquinas. Se o operador de uma máquina num determinado turno faltasse, o equipamento ficaria parado, o que não era aceito pelos encarregados.

Assim, as possibilidades ficavam restritas à identificação biométrica (através de impressão digital, leitura de íris, etc.) que ainda eram uma tecnologia pouco acessível, ou então a identificação através de cartão por RFID ou leitura de códigos de barras, tecnologias estas que já estão sendo amplamente utilizadas e são bastante acessíveis no mercado nacional.

A opção deu-se pelo cartão com RFID, por ter uma interface menos sujeita a falhas, e também pelo seu custo e tamanho reduzidos.

Conforme destaca Rosa (2006), a tecnologia RFID, vem sendo utilizada em larga escala desde os anos 80 na identificação e controle de acesso. Algumas das aplicações são: controle de rebanhos em fazendas de criação, controle de passagem em praças de pedágio, controle de acesso em geral, identificação de mercadorias em operações logísticas e terá ampla utilização também nos chamados "supermercados do futuro", onde a principal característica é a praticidade e precisão no controle dos produtos escolhidos pelo cliente.

Este tipo de sensor é disponível no mercado, com duas tecnologias, o sistema ativo e o sistema passivo. No caso do sistema ativo, utilizado, por exemplo, em praças de pedágio, uma pequena bateria é adicionada à etiqueta ou *tag* de identificação, provendo um alcance maior. Porém para a aplicação desejada, onde não havia a necessidade de longo alcance do sensor, foi utilizado o sistema passivo, mais barato e sem a necessidade de troca periódica das baterias (Fig. 12).



Figura 12 – Leitor e *Tag* Passivo de RFID Tipo Cartão

Cada *tag*, também conhecido como *transponder*, seja no sistema ativo ou passivo, possui um código único, chamado EPC (*Electronic Product Code*), que é interpretado pelo dispositivo leitor ou *transceiver*, e através de um banco de dados permite a identificação do produto ou pessoa associados ao *tag*.

### 4.3 Liberação de Acesso

Uma importante tarefa a ser executada pelo aparelho é a de restringir o uso dos equipamentos àquelas pessoas que estão habilitadas a operá-los, conforme disposto pela NR-11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais, atualizada pela portaria SIT Nº 82 de 01/06/2004, item 11.1.6, que cita: “Os operadores de equipamentos de transporte motorizado deverão ser habilitados e só poderão dirigir se durante o horário de trabalho portarem um cartão de identificação, com o nome e fotografia, em lugar visível”.

A habilitação deve ser entendida como o treinamento, capacitação e autorização do operador. Essa determinação nem sempre é seguida na prática, onde era comum a condução de um determinado equipamento por uma pessoa que não estivesse devidamente habilitada para tal, muitas vezes por simples falta de monitoramento e fiscalização.

No item 4.2, foram definidos os meios utilizados para a correta identificação do operador, porém fez-se necessária a comparação desta identificação com um banco de dados de autorizações concedidas, levando em consideração os modelos de equipamentos autorizados e a validade do curso de operador exigido pela NR-11.

Isto se tornou possível com a conexão entre o módulo implantado no equipamento e um servidor central, efetuando-se a liberação do acesso, mediante os dados cadastrados no servidor.

Foi possível também a criação de um *check-list* eletrônico, a ser executado pelo operador sempre que este inicia seu turno de trabalho, com a verificação dos seguintes itens:

- Funcionamento do sistema de freios;
- Funcionamento dos sistemas elétricos e comandos;
- Funcionamento dos sistemas mecânicos e hidráulicos;
- Registro de avarias;

E também, no caso de empilhadeiras à combustão:

- Carga e validade de extintores;
- Nível de óleo e água do motor.

Para cada pergunta é dado ao operador um tempo para responder, cuja confirmação é feita através da passagem do cartão. Conforme os itens confirmados ou não, a operação do equipamento é liberada ou bloqueada.

Neste ponto é importante entender a diferença entre o sistema desenvolvido e eventualmente os formulários de *check-list* utilizados até então, onde havia a necessidade de guarda junto ao equipamento, com a possibilidade de preenchimento do *check-list* a qualquer momento durante a operação, o que levava os operadores a efetuarem o preenchimento, apenas quando lhes melhor conviesse. Com o sistema eletrônico isto foi solucionado e o *check-list* passou a receber a devida importância para a operação segura dos equipamentos, com o registro correto dos dados e a data e hora em que foram registrados.

#### **4.4 Monitoramento**

A possibilidade de registro de informações do equipamento trouxe uma importante ferramenta para a manutenção e também para a gestão operacional.

Através de sensores, alguns pré-existentes e outros adicionados à máquina ou ao módulo, foi possível manter-se um registro dos seguintes parâmetros:

- Horímetro atualizado: Este indicador informa o tempo de utilização do equipamento, direcionando os trabalhos de manutenção preventiva. Por não ser

possível, até então, o monitoramento on-line desta informação, os trabalhos de manutenção preventiva eram baseados em dias e não em horas de uso, levando a um super ou subdimensionamento dos intervalos de troca. Com a informação do horímetro de cada equipamento, tornou-se viável o controle de manutenções preventivas pelas horas efetivamente trabalhadas de cada equipamento;

- 2º Horímetro: O sistema foi desenvolvido acrescentando-se um novo relógio à máquina para contagem do tempo restante para a realização das manutenções preventivas. Este relógio comunica ao operador a chegada do momento de encaminhar o equipamento para a manutenção preventiva e também efetua o bloqueio das funções hidráulicas da máquina, caso o tempo limite seja atingido, obrigando a parada da máquina para a manutenção programada;

- BDI (*Battery Discharge Indicator*): Elemento destinado ao monitoramento do nível de carga da bateria, em específico para os modelos elétricos, informando ao operador a autonomia restante. O modelo desenvolvido acrescentou a função de indicar ao operador a necessidade de troca de bateria no momento adequado, bloqueando as funções hidráulicas da máquina, caso o operador não se encaminhe para a sala de baterias em tempo hábil. Esta sofisticação trouxe um maior controle de descarga de baterias, gerando economia de energia e vida útil das baterias, antes legado à consciência de cada operador;

- Sensor de Subtensão Imediata: As baterias em geral utilizadas nos equipamentos de M&A possuem a característica de ter sua tensão reduzida rapidamente quando em nível baixo de autonomia, em especial quando submetidas a cargas excessivas. A operação simultânea das funções de deslocamento e elevação provoca esta redução rápida da tensão, não registrada pelo BDI e levando a sérios danos às placas controladoras dos motores devido à subtensão. Isso foi resolvido, acrescentando-se ao módulo, o parâmetro de tensão imediata da bateria, o qual corta momentaneamente as funções hidráulicas quando detecta a rápida queda na tensão da bateria, protegendo os sistemas eletrônicos da máquina;

- Sensor de Fuga de Corrente: As correntes desviadas para a carcaça das máquinas, seja devido a falhas na isolação de cabos e motores, ou à falta de

limpeza adequada das baterias, quando acima de um certo nível, provoca a parada dos equipamentos e eventualmente a queima de componentes eletrônicos. Foi incluído no próprio circuito do módulo, um sensor de corrente entre os pólos positivo e negativo da bateria e a carcaça, com o objetivo de desligar o equipamento quando da presença de correntes de fuga, protegendo e sinalizando a falha;

- Sensor de Impacto: O surgimento no mercado de sensores de aceleração miniaturizados, como os utilizados pelos sistemas de bolsas infláveis (*air bag*) dos automóveis, possibilitou a inclusão desta funcionalidade no projeto. O impacto entre equipamentos e entre estes e as estruturas de armazenagem, provoca sérios danos e perdas como exemplificado na figura 11. O sensor instalado permite a monitoração das forças atuantes na máquina nos três eixos dimensionais, X, Y e Z, sendo possível a separação entre impactos verticais (buracos e quedas) de impactos horizontais. Conforme o nível e a direção do impacto percebido pelo acelerômetro, é feito o registro da informação e eventualmente o bloqueio da máquina, levando à identificação do operador responsável pelo impacto e a data e hora da ocorrência;

A utilização de horímetros parciais permitiu também o monitoramento dos tempos de funcionamento de cada função da máquina através do registro de funcionamento dos sistemas de tração e hidráulico, levando à disponibilização de informações para a geração de relatórios de produtividade de cada operador, contribuindo com o monitoramento da utilização e o aumento da produtividade operacional.

#### **4.5 Comunicação**

O sistema escolhido para a comunicação entre os módulos e o servidor central, foi o mesmo utilizado em celulares baseados na tecnologia GSM (*Global System for Mobile*).

Isto permitiu uma amplitude do alcance e da eficiência da comunicação, em comparação a outros sistemas avaliados, tais como:

- RF: O sistema de rádio frequência através da simples comunicação entre transmissores e receptores de RF, foi descartado pelo fato de haver a possibilidade de interferência nos equipamentos já utilizados nas centrais de distribuição para a comunicação de dados da operação, e também pelo curto alcance no ambiente em que as máquinas operavam;

- Zig-Bee: A tecnologia conhecida como “Zig-Bee”, apresenta algumas vantagens como, por exemplo, a de não necessitar de comunicação através de uma operadora de telefonia. Porém percebeu-se durante os testes que este tipo de tecnologia é mais adequado a equipamentos fixos, devido à constante alteração nos caminhos (roteamento) para a efetivação da comunicação.

Outras formas possíveis de comunicação, através de conexão física também foram descartadas, como por exemplo, através de cabo ou cartão de memória, por representarem uma demanda grande de trabalho para a coleta dos dados e também a perda de produtividade dos equipamentos, o que contrariava uma das premissas iniciais do projeto.

O sistema de comunicação escolhido funciona através das redes de celular, as quais já possuem ampla cobertura no território nacional e sendo o tráfego de informações, baseado em dados e não em voz, abriu a possibilidade de um contrato com as operadoras a um custo relativamente baixo.

Na figura 13 é mostrado o módulo responsável pela comunicação com a operadora e transmissão dos dados.

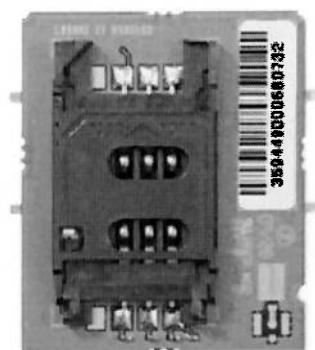


Figura 13 – Módulo de Comunicação GSM

## 4.6 Projeto e Desenvolvimento

Em uma etapa de preparação e avaliação de viabilidade, foram desenvolvidos e testados os diversos sensores de forma separada.

Nesta etapa foram criados e avaliados os Horímetros, o BDI, os sensores de subtensão e fuga de corrente e também o de impacto.

Uma vez que todos os sensores tiveram seu funcionamento comprovado, passou-se ao projeto do módulo em si, configurando a unificação destes componentes e também dos periféricos, como o LCD (*Liquid Crystal Display*), o transmissor de GPRS, um sinalizador sonoro (*buzzer*), o leitor de cartão e o RTCC (*Real Time Clock & Calendar*), com a respectiva bateria.

No desenvolvimento do módulo foram considerados fatores como a necessidade de redução de tamanho da placa, bem como de proteções contra eletricidade estática, interferência e dissipação de calor de alguns componentes. Também foi desenvolvida a fonte interna de forma que o módulo pudesse adaptar-se automaticamente às diferentes tensões de funcionamento das máquinas, sendo: 12Vcc para empilhadeiras à combustão, 24Vcc para transpaleteiras e 48Vcc para empilhadeiras elétricas.

Outros elementos como relés de saída para o corte do sistema hidráulico e LED's (*Light Emitting Diode*) de diagnóstico de funcionamento dos processadores foram incluídos.

O desenho com as medidas finais e a serigrafia com o posicionamento dos componentes, enviado para confecção do protótipo é apresentado na figura 14:



circuitos, bem como a identificação dos componentes utilizados. Por este motivo, a figura 16 a seguir destina-se apenas a demonstrar uma das etapas do desenvolvimento do projeto.

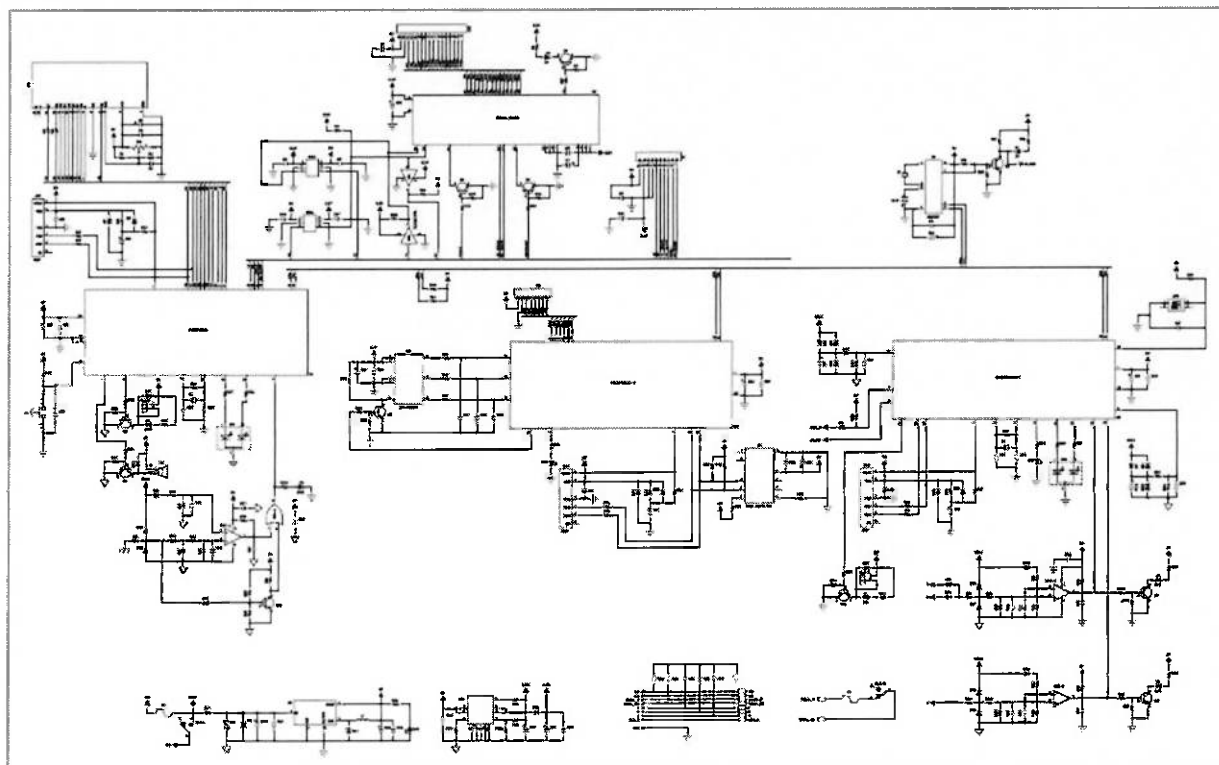


Figura 16 – Visão Geral do Circuito do Módulo Principal

Um dos pontos que teve especial atenção foi a escolha da antena, uma vez que não poderia ficar acessível ao operador ou terceiros, em função dos diversos fatores já apresentados como mau-uso. Optou-se por uma antena interna, e uma caixa plástica, o que evitaria uma redução do alcance de comunicação do módulo GPRS.

#### 4.7 Investimento

Os valores necessários à implantação do sistema completo são melhor descritos na tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Investimento e Despesas

Descrição	Valor
Projeto e confecção do módulos (peças e M.O.)	R\$ 640,00/unid.
Desenvolvimento do Banco de dados	R\$ 22.000,00
Contrato de uso e gerenciamento do banco de dados	R\$ 2.400,00/mês
Contrato mensal de fornecimento de serviço GPRS	R\$10,00/unid.

Para a frota de 800 máquinas, atualmente existente nas centrais de distribuição dos Supermercados Copacabana, o valor total necessário ao desenvolvimento e implantação do sistema é de aproximadamente R\$ 534.000,00, sendo que os gastos mensais com os contratos de provedor de dados e serviço GPRS (operadora de telefonia), são de R\$10.400,00.

## 5 RESULTADOS

O projeto teve início em julho de 2009, e até a conclusão deste trabalho, encontrava-se em fase inicial de instalação nas máquinas e de criação do banco de dados necessário ao arquivamento e consolidação dos dados fornecidos pelos módulos.

Ainda serão necessários alguns meses até que se tenham os módulos instalados em um número significativo de máquinas e assim se possam gerar relatórios que permitam analisar e validar o projeto, como ferramenta de controle do mau-uso dos equipamentos.

Segue, porém na tabela 5, uma expectativa dos resultados que se pretende obter:

Tabela 5 - Principais Resultados Esperados

Descrição	Atual	Esperado
Manutenção de rodas (peças + M.O.)	R\$50.200,00/mês	<R\$40.000,00/mês
Manutenção de motores (peças + M.O.)	R\$54.115,00/mês	<R\$46.000,00/mês
Manutenção de controladoras (peças + M.O.)	R\$19.580,00/mês	<R\$15.000,00/mês
Manutenção de outros componentes (peças + M.O.)	R\$485.780,00/mês	<R\$380.000,00/mês
Manutenção de estruturas porta-paletes	R\$45.000,00/mês	<R\$30.000,00/mês
Redução de acidentes c/ afastamento	5/mês	<3/mês
Aumento de disponibilidade de máquinas	85%	>92%
Redução c/ perda de mercadorias e equipamentos	R\$350.000,00/ano	<R\$150.000,00/ano

Fonte: Controles da manutenção entre Jan/2008 e Jul/2009

Os dados informados são os que puderam ser relacionados diretamente com o mau-uso dos equipamentos. Outros resultados esperados, e que não puderam ser estimados, são a redução dos gastos com energia elétrica e o aumento da vida útil das baterias tracionárias, em função da redução da descarga profunda que requer maior tempo de carga e equalização para o retorno da bateria à operação.

Estima-se a redução dos custos totais de manutenção em mais de R\$ 1,5 milhões ao ano, e se considerarmos os valores investidos e o período de desenvolvimento do projeto até o início da obtenção de economias na manutenção, o ROI será de 21 meses, inferior, portanto à premissa do projeto.

## 6 CONCLUSÕES

O projeto teve sua motivação, como já dito, no mau-uso e falta de comprometimento na operação dos equipamentos, o que gerava uma despesa alta de manutenção e uma qualidade baixa de conservação da frota.

O fato de haverem diariamente ocorrências graves de mau-uso, com o conseqüente excesso de desperdício de recursos da manutenção, fez com que o interesse em se criar rapidamente uma solução, determinasse o ritmo do projeto apresentado.

Entretanto, o projeto não teve um planejamento muito elaborado nem a participação efetiva dos gestores operacionais, no sentido de coletar sugestões ou levar em consideração outros pontos de vista. Faltou por exemplo a utilização de ferramentas mais formais, como uma análise detalhada dos modos e efeitos de falha (FMEA) que poderia fornecer uma visão mais ampla do problema e não só do ponto de vista da manutenção.

Parte dessa deficiência no projeto foi compensada com a experiência que a equipe responsável pelo seu desenvolvimento possuía dos principais fatores e grandezas a serem monitoradas.

Uma opção intermediária ou complementar para a redução dos problemas de mau-uso apresentados, poderia ser a criação de uma equipe responsável pelo monitoramento do uso dos equipamentos, que teria como principais tarefas a fiscalização do preenchimento correto do check-list dos operadores e da validade e abrangência do curso de cada operador. Esta equipe utilizaria o sistema de “multas” internas para o setor responsável pela operação, e isto poderia ser complementado com um plano de remuneração variável, em função da extratificação das perdas responsabilizadas a cada operador ou setor.

A visão de que a manutenção precisa estar baseada em informações corretas e precisas para sua melhor eficiência e qualidade é o principal resultado almejado do projeto apresentado, o qual se beneficiou da existência de problemas algumas vezes

desafiadores, mas, sobretudo da presença de profissionais de manutenção capazes de superá-los.

A utilização de tecnologia móvel no controle de uso de equipamentos de M&A, assim como em outros equipamentos que tenham como características a grande mobilidade e dependência do correto uso por parte do operador, mostra-se uma ferramenta muito útil como provedora de informações precisas e independentes de fatores humanos, os quais, infelizmente, criam uma variável nem sempre compreendida nos processos de manutenção.