

Desenvolvimento de um Aplicativo para o Cálculo das Necessidades de Materiais para Pequenas Empresas: Um Estudo de Caso na Pólo Equipamentos Elétricos

Ricardo Brandão Mansilha (UNISINOS)¹

Marcelo Klippel (UNISINOS)²

André Luiz Koetz (UNISINOS)³

ISSN 1518-4342

REFERÊNCIA deste trabalho:

MANSILHA, Ricardo Brandão; KLIPPEL, Marcelo e KOETZ, André Luiz. Desenvolvimento de um aplicativo para o cálculo das necessidades de materiais para pequenas empresas: um estudo de caso na Pólo Equipamentos Elétricos. In: EGEPE – ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PEQUENAS EMPRESAS. 3., 2003, Brasília. **Anais...** Brasília: UEM/Uel/UnB, 2003, p. 980-993.

Resumo

O presente artigo tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um aplicativo para o cálculo das necessidades dos materiais para empresas de pequeno porte, baseado em planilhas eletrônicas. O desenvolvimento do protótipo se deu pela necessidade de aperfeiçoamento na área de gestão de estoques de pequenas empresas, mas com o objetivo maior em servir de modelo na construção de aplicativos de baixo custo para empresas de pequeno porte. Como resultado, para a construção do aplicativo foram de suma importância os conceitos obtidos pela revisão bibliográfica, os dados levantados, bem como, a validação do protótipo através de testes de simulações. Os autores buscam conceituar e apontar as principais atividades que se inter-relacionam com o cálculo de necessidade dos materiais. Por fim, o artigo apresenta um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte especializada no ramo de reforma de transformadores elétricos de distribuição.

1. Introdução

A partir da revolução industrial, diversas organizações fabris começaram a crescer e a expandir seus produtos para o mundo todo. Estas organizações tornaram-se ainda maiores com o passar dos anos e as atividades de gestão dos materiais, itens e componentes necessários para a produção, foram se tornando cada vez mais complexas. Com a chegada dos computadores, as empresas de médio e grande porte solucionaram seus problemas, pois a capacidade de armazenamento de dados e a praticidade de efetuar cálculos matemáticos foram adaptadas e implementadas nestas empresas. Porém o alto custo de aquisição de computadores, durante um longo período, forçou as pequenas empresas a continuarem a resolver seus problemas administrativos manualmente. Hoje os computadores encontram-se disponíveis na maioria das empresas de pequeno porte, mas a falta de organização dos dados e os problemas matemáticos persistem devido à dificuldade da programação destas máquinas e

¹ rmansilha@terra.com.br

² marcelo@klippel.com.br

³ alkoetz@hotmail.com

pela falta de conhecimentos administrativos. Estas dificuldades refletem-se na construção de modelos que auxiliariam na obtenção de informações referentes a determinadas áreas e setores da administração. Existem softwares especializados no mercado, que têm como proposta a resolução dos problemas existentes mencionados acima. Entretanto, grande parte das pequenas empresas ainda depara com grandes dificuldades para a aquisição destes softwares, principalmente devido ao seu alto custo e às necessidades de formação e treinamento de mão-de-obra especializada, fazendo com que estas empresas acabem buscando meios para a resolução de seus problemas através de métodos administrativos antiquados.

A proposta de desenvolvimento de aplicativos através do uso de planilhas eletrônicas sugere uma infinidade de modelos de cálculos possíveis que se enquadram em diversos grupos de informações, mas isto implica saber as necessidades das empresas para a construção de protótipos específicos que resolvam seus problemas.

O cálculo das necessidades de materiais é um dos modelos que permite auxiliar na gestão dos estoques das empresas, e, não sendo exceção à regra, a obtenção de softwares especializados nesta área, ainda é inviável para empresas de pequeno porte devido ao seu alto custo. Como solução, as empresas caminham na tentativa de elaborar seus próprios meios de controle, acabando por depararem-se com o desenvolvimento de aplicativos computacionais por não existirem no mercado modelos de construção de protótipos a baixo custo.

A presente pesquisa terá como linha mestra o desenvolvimento de um aplicativo para a gestão de materiais baseado na teoria do *Material Requirement Planning* – MRP ou Planejamento das Necessidades de Materiais, todo estruturado em planilhas eletrônicas do programa Excel da empresa Microsoft.

Com a finalidade de exemplificação e validação da presente pesquisa, os autores buscaram uma empresa piloto, a Pólo Equipamentos Elétricos, para a construção, implementação e validação do aplicativo proposto. A Pólo Equipamentos Elétricos é uma empresa de pequeno porte especializada em reformas de transformadores elétricos de distribuição e encontra-se hoje em fase de transição dos serviços de reformas para a fabricação destes produtos. Esta mudança afetará a gestão dos estoques da empresa, visto que as atividades de compras de materiais efetuados para realização de reformas, são dadas somente após a vistoria da desmontagem, ou seja, para aqueles itens que não podendo ser reaproveitados são emitidas ordens de compra, e isto se refere à minoria deles. Para a fabricação destes transformadores, a gestão dos materiais irá envolver a previsão das vendas e a compra de todos os itens necessários. A empresa Pólo demonstrou-se extremamente interessada pelo desenvolvimento deste trabalho, e para se modelar o aplicativo para cálculo das necessidades de materiais, a empresa disponibilizou livre acesso aos seus dados.

2. Referencial Teórico

Segundo Slack (1997), o MRP – *Material Requirement Planning* – original (datando dos anos 60), surgiu para que as empresas calculem o número de materiais necessários e o momento da utilização de cada item. Para efetuar os cálculos o MRP utiliza os pedidos em carteira como previsão para o número de itens a serem fabricados, verificando, então, todos os componentes que são necessários à produção para cumprir a previsão e garantir o prazo de entrega.

Conforme Moreira (2000), o MRP é uma técnica para converter a previsão de fabrico de um item, de demanda independente, em uma programação das necessidades das partes dependentes do mesmo. O MRP pode ser visto também como um sistema de controle de estoques de itens de demanda dependente, e neste sentido, o cálculo de necessidades dos materiais é um sistema pró-ativo, dado que evita a manutenção de estoques, a não ser aqueles destinados a eventualidades. Para Slack (1997), o MRP é um sistema que ajuda as empresas a

calcular o volume de itens e tempos relacionados ao consumo desses, útil principalmente quando existe elevado grau de complexidade e número existente de itens. Até os anos 60 eram calculadas manualmente estas operações, garantindo os materiais certos no momento certo. Entretanto, com a chegada dos computadores, surgiu a oportunidade e a capacidade da execução destes cálculos, detalhados e demorados, de forma muito mais rápida e relativamente fácil.

Moreira (2000) ainda afirma que as quantidades dos componentes necessários à produção, são adquiridas apenas numa data, disparadas através de revisões periódicas, ou depois da verificação de determinada quantidade remanescente, ou seja, por um sistema de revisão contínua. Estes sistemas são reativos e exigem a manutenção permanente de estoques.

Para Slack (1997), a estrutura do produto apresenta certos itens, que formam outros e que por sua vez, podem formar terceiros. Corrêa (2001) chama, no jargão do MRP, de itens "filhos", os componentes diretos de outros itens, estes obviamente chamados itens "pais" de seus agregados diretos. Slack (1997) afirma que, para poder fabricar um produto qualquer, a empresa precisa saber quais são todos os componentes a serem utilizados para sua confecção. Caso ela decida utilizar um sistema MRP para realizar esta tarefa, necessitará de arquivos armazenados em unidades computacionais com os componentes de cada item relacionado às diversas etapas de montagem. Conforme o autor, esses arquivos são denominados de Listas de Materiais. De acordo com Arnold (1999), existem três pontos importantes para se estabelecer uma lista de materiais. O primeiro ponto é que a lista deve trazer consigo, todas as informações sobre peças necessárias para a fabricação de um determinado produto. No segundo ponto, o autor explica que cada peça ou item deve possuir apenas um número para cadastro, padronizando a peça junto à estrutura do produto. E por terceiro, compreender-se que cada peça é definida por sua forma, ajustamento ou função.

Em termos de estrutura de planejamento do MRP, para a execução dos cálculos de quantidades e tempos envolvidos no planejamento das necessidades de materiais, normalmente requer-se que as empresas mantenham dados em arquivos de fácil visualização e atualização. Ou seja, para que se possa compreender a complexidade deste sistema, se faz necessário entender os registros apresentados e o uso devido de softwares especializados. De acordo com Moreira (2000), fica fácil distinguir os insumos fundamentais, sem os quais o sistema MRP não pode operar. A partir da programação de produção dos produtos finais, é determinada a programação da compra, fabricação ou montagem das partes que os compõem.

Segundo Slack (1997), as primeiras entradas para o cálculo de necessidades de materiais são os pedidos dos clientes e a previsão da demanda. Para o autor, a carteira de pedidos refere-se a pedidos firmes programados para um determinado tempo, enquanto que a previsão consiste apenas em estimativas realísticas da quantidade (distribuídos no tempo) de pedidos futuros. E o MRP é executado com base na combinação das duas componentes de demanda citadas anteriormente. Todas as demais etapas são derivadas e dependentes desta demanda. E através disto argumenta-se que o MRP é um sistema de demanda dependente, derivada de decisões tomadas na empresa, enquanto que qualquer outro sistema independente é mais adequado para os casos em que a demanda é independente, sem controle pela empresa.

Para Arnold (1999), o *Master Production Schedule* – MPS ou Programa Mestre de Produção, é um plano para a produção que reflete as necessidades da demanda e a capacidade produtiva, determinando as prioridades a serem seguidas pela produção. O MPS estabelece quais produtos serão produzidos e em que datas, sendo portanto, fundamental para que o MRP possa determinar quanto de cada parte ou componente deve ser adquirido e quando programar a produção.

Segundo Slack (1997), o MPS é a etapa mais importante do planejamento e controle de uma

empresa, constituindo-se na principal entrada para o planejamento das necessidades de materiais. Na manufatura ele declara a quantidade e o momento em que os produtos finais devem ser produzidos, direcionando toda a operação em termos de montagem, manufatura e compras. É a base do planejamento da mão-de-obra e maquinários.

Para Arnold (1999), o MPS forma a base para que a produção determine o que deve ser produzido. Trata-se de um instrumento de comunicação, possibilitando, se necessárias, as alterações relacionadas a mudanças na demanda e capacidade da produção.

Uma informação básica para o sistema de MRP é o conhecimento dos estoques, pois quando são feitos os cálculos para identificar o necessário, as quantidades disponíveis devem ser consideradas. Existem dois tipos de informações necessárias. O primeiro é chamado de fatores de planejamento, e inclui dados de quantidades de pedido, *lead times* e estoques de segurança. Essas informações não se modificam com frequência, embora seja necessário planejar quando e quanto encomendar, para que as entregas sejam feitas a tempo de trabalhar o produto e cumprir o prazo com o cliente. Conforme Arnold (1999), o segundo tipo de informação de que se necessita é o status de cada item. O sistema de MRP precisa saber quanto está alocado em estoque e quanto está disponível para demandas futuras. Esse tipo de informação mostra-se dinâmico e é modificado em cada transação.

Para Slack (1997), o MRP é um processo sistemático de tomar todas as informações anteriormente descritas de planejamento e calcular a quantidade e o momento das necessidades que irão satisfazer à demanda. Ainda, o MRP recebe as informações do MPS em relação a cada produto final e expande esta programação através da lista de materiais, verificando quantas sub-montagens e itens são necessários à produção. Segundo o autor, antes de descer para o nível um da estrutura do produto, o MRP analisa quantos produtos acabados existem no estoque. Gera então, as "ordens de produção", requisições para as necessidades líquidas dos itens que serão feitos na empresa. Essas necessidades formam o programa que será expandido, através da lista de materiais, para o próximo nível abaixo na estrutura. Novamente o estoque disponível dos itens deste novo nível é verificado, novas ordens de trabalho são geradas, como também as respectivas ordens de compra conforme a ausência no estoque. Este processo se dá de forma contínua até que se chegue ao nível mais baixo da estrutura do produto. A lista de materiais fornece ao MRP a base de dados dos componentes ou estrutura do produto para a fabricação. Em vez de tomar esses componentes e simplesmente multiplicá-los pela demanda, de modo a determinar as necessidades totais de materiais, o MRP reconhece que alguns dos itens necessários podem estar disponíveis em estoque, podendo ser na forma de produtos acabados, intermediários ou mesmo de matéria-prima. É então necessário começar a análise do estoque pelo nível zero, seguir pelos próximos níveis, para que se possa calcular o que é denominado de necessidade "líquida", ou seja, a quantidade extra necessária para, juntamente com o estoque, atender à demanda. Enfim, para fazer isto, o MRP requer que sejam mantidos os registros de estoque.

De acordo com Moreira (2000), "a dinâmica de processamento no MRP parte da quantidade desejada de um produto final numa data especificada, informações essas fornecidas pelo Plano Mestre de Produção". A partir destas informações, é feito a "explosão" do produto acabado nas necessidades dos itens, com seus devidos tempos de disponibilidade.

3. O Desenvolvimento do Aplicativo para o Cálculo das Necessidades de Materiais para Pequenas Empresas

O aplicativo computacional desenvolvido trata-se do método utilizado pelas empresas para o cálculo de necessidades dos materiais. Tem como objetivo maior exemplificar e demonstrar a

criação do protótipo, podendo assim, servir como benefício para outras empresas de pequeno porte na elaboração de seus próprios aplicativos que estejam relacionados ao problema de gestão de estoques.

Os dados básicos de entrada são os dados iniciais que devem estar contidos no sistema para que possam ser efetuadas simulações posteriormente. A entrada destes dados se dá através do conjunto de seis planilhas, que são preenchidas com informações referentes aos tempos, matérias-primas e custos da empresa. Estas informações servem para definir as condições e restrições da empresa no momento da simulação e para informar às demais planilhas, para efeito de cálculos e análises. Abaixo seguem-se as explicações acerca do desenvolvimento destas planilhas.

A Lista de Materiais é considerada o conjunto de informações prioritárias para o desencadeamento do aplicativo. Nesta primeira planilha são encontradas as informações básicas em relação aos custos de cada material, trazendo como variável apenas os valores de matéria-prima e o controle através de datas de atualização. A Figura 1 apresenta a primeira tela do aplicativo:

Lista de Materiais				
MATERIAIS	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	R\$ UNIT.	data ultima atualização
Aço Silício	M4	Kg	R\$ 4,38	05/03/01
Acetileno carga	A-40		R\$ 40,00	00/01/00
Acetileno gás	5.00	Kg	R\$ 13,00	00/01/00
Adesivos p/ fabricação	X0 à X3 e H1 à H4	Pç	R\$ 0,20	00/01/00
Adesivos p/ fabricação	Polo - Pequeno	Pç	R\$ 0,70	05/03/01
Adesivos p/ fabricação	Polo - Médio	Pç	R\$ 1,20	00/01/00
Adesivos p/ fabricação	Polo - Grande	Pç	R\$ 1,40	05/03/01
Adesivos p/ reforma		Pç	R\$ 0,08	00/01/00
Arruela de pressão	1/2"	Cts	R\$ 0,90	00/01/00
Arruela lisa	1/2"	Cts	R\$ 2,76	00/01/00
Arruela lisa	m10 x 60	Cts	R\$ 1,50	05/03/01
Arruela lisa	7/16"	Cts	R\$ 5,57	00/01/00
Barbante			R\$ -	00/01/00
Brocas	Aço rapido 5,5 mm	Pç	R\$ 1,30	00/01/00
Brocas	Aço rapido 12 mm	Pç	R\$ 6,50	00/01/00
Brocas	Aço rapido 14 mm	Pç	R\$ 26,00	00/01/00
Brocas	Aço rapido 20 mm	Pç	R\$ 50,00	00/01/00
Bucha AT	15Kv 160A T-1	Pç	R\$ 12,60	05/03/01
Bucha AT	15Kv 160A T-2	Pç	R\$ 12,60	05/03/01
Bucha AT	25Kv 160A T-1	Pç	R\$ 16,80	05/03/01
Bucha AT	25Kv 160A T-2	Pç	R\$ 16,80	05/03/01
Bucha AT	25Kv 160A T-3	Pç	R\$ 16,80	05/03/01
Bucha BT	1.3Kv 160A S	Pç	R\$ 1,36	00/01/00
Bucha BT	1.3Kv 400A S	Pç	R\$ 5,00	00/01/00
Bucha BT	1.3Kv 800A S	Pç	R\$ -	00/01/00

Figura 1 - Exemplo Parcial da Planilha Lista de Materiais

A planilha lista de materiais foi construída levando-se em consideração questões tais como: i) *Especificação do Material*; ii) *Unidade de apresentação do Material*; iii) *Preços Unitários de cada Material*.

Com a definição da lista de materiais, é preciso estruturar cada produto, com a finalidade de entender as quantidades de materiais que constituem cada um deles. É feita então, a segunda entrada de dados, que diz respeito às quantidades necessárias de materiais para cada produto. Nesta planilha são listados os materiais da planilha Lista de Materiais, dando prioridade aos itens mais caros referentes às classes A e B. Os dados de entrada são inseridos através de outras colunas, denominadas por números que se referem a determinados produtos, sendo estas colunas preenchidas com as informações de necessidade de materiais para cada tipo de produto.

Os dados de entrada da planilha Tempos de Processo (TP), referem-se principalmente aos intervalos de tempo requeridos para cada processo para a produção de cada item. A unidade

destes tempos segue a exigência específica de cada empresa. Além de informar os tempos de cada processo, é preciso colocar as informações relativas a "carga de horas diária" e o "número de dias úteis do mês" nas respectivas linhas, onde são dadas como restrições para a capacidade da empresa.

Uma nova planilha consiste na chamada Lead Time de Compras (LTC). As informações contidas nesta planilha são de extrema importância para o planejamento de compras. Os dados inseridos nela estão relacionados com o tempo existente entre a colocação de um pedido e a entrega do mesmo.

Na seqüência, toma-se a Planilha Quantidades em Estoques (QE), que tem como entrada de dados informações sobre as quantidades existentes de matérias-primas e componentes na empresa que não estão comprometidos com produtos já vendidos. Os dados revelados por estas quantidades precisam ser atualizados sempre que existir um novo planejamento. Os cálculos efetuados nesta planilha aparecem apenas em relação ao capital investido em estoque, ou seja, são multiplicados os valores unitários contidos na planilha Lista de Materiais pelas quantidades existentes em estoque. Os dados de entrada desta planilha devem ser atualizados constantemente ou sempre que existir a necessidade de uma simulação, devido à alta rotatividade dos dados apurados pelas entradas e saídas de estoque.

Os estoques de segurança são definidos para precaver futuras falhas no processo. A falta de estoque pode acarretar em prejuízos para as empresas, então uma taxa de segurança é sugerida para que haja uma proteção contra a quebra de rotina nos processos.

A planilha ES primeiramente recebe os dados de "lead times de compras" (tempo entre o pedido e a entrega) e a "necessidades bruta" (quantidade de material necessário para a fabricação de todo o lote simulado) de cada matéria-prima estipulada pela empresa. A seguir, calcula-se o "uso diário de material", dividindo-se a "necessidade bruta" pelo *lead time* do processo que irá trabalhar a matéria-prima. Encontra-se a "quantidade de materiais gasta durante o *lead time* de compras", multiplicando-se o uso diário pelo *lead time* de compras e enfim revela-se o "estoque de segurança" a ser utilizado, multiplicando-se a quantidade gasta durante o *lead time* pela taxa sugerida para o planejamento.

Respondendo as informações básicas, com o objetivo de alcançar as respostas do MRP, torna-se possível calcular quando é preciso produzir ou comprar. O conjunto de planilhas para o cálculo das necessidades de tempo gera novos dados e informações que permitem, através da simulação, resolver os problemas de quando comprar, quando produzir e assinala quando há falta de capacidade de produção. Para estas planilhas seguem as explicações abaixo.

No momento em que se tem os dados da planilha TP, o cálculo de capacidade é efetuado automaticamente. Em primeiro plano é encontrado o produto da carga de horas diária pelo número de dias úteis existentes no mês em que será efetivada a produção. Este mesmo número é inserido por toda coluna Horas Mensais (HM) da Tabela Itens de Produção, contida na planilha Cálculo de Capacidade (CC), então este valor é multiplicado mais uma vez por cada número de Processo, dados da Coluna "NP", informando o número de horas totais (HT) disponíveis a serem trabalhadas, para cada "item de processo".

Em segundo plano, são convertidos os tempos de cada processo registrados na planilha TP em Horas e multiplicado pela previsão de demanda de cada produto, revelando os cálculos de horas necessárias para a produção, relativo às unidades (RU) e relativo aos lotes simulados pela previsão da demanda (RL). Por terceiro, é constituída a tabela de *lead time* de Produção, onde são revelados as horas totais necessárias para a produção do lote e o número de dias necessários para a passagem de todos os produtos em cada processo. E como complemento, é dado o total de horas de sobra ou sobrecarga na coluna HD (horas disponíveis), subtraindo-se

o número de horas necessárias para a produção pelo número de horas disponíveis de processo.

A planilha *Lead Time* de Produção e de Compras (LPC) reúne todos os tempos de fornecedores e de processos existentes na empresa, facilitando a visualização. As informações atribuídas são vinculadas das planilhas *Lead Time* de Compras (LTC) e cálculo de capacidades (CC). Com os dados atualizados dos *Lead Times* relativos às compras e processos, torna-se possível voltar no tempo a partir de uma data específica de entrega, somando-se esses tempos. Após determinar quais os itens e seus respectivos níveis que merecem aparecer na árvore do produto, é preciso buscar as informações da planilha LPC. Com exceção do primeiro nível que representa o *lead time* da montagem final, as informações devem ser iguais aos dados de *lead times* da planilha LPC, mas somados ao tempo do nível superior. A planilha Cálculo do Seqüenciamento das Ordens é responsável por informar à planilha do cálculo do lote disponível, quantos dias precisa-se voltar no tempo para o início de um determinado processo.

Quando é definida a data de planejamento através da planilha de simulação, o cálculo do *lead time* total de produção se encarrega de buscar estas informações e “jogá-las” no tempo, definindo automaticamente quando o lote se encontrará disponível pela empresa. Sendo assim, basta acrescentar o tempo de entrega do produto, que no caso depende das distâncias das regiões envolvidas, para o futuro desembarque.

Ao interpretar as restrições existentes de tempo, é preciso separar os dias úteis dos dias não produtivos. Sendo assim, a planilha CDM busca a data em que o lote estará disponível, calculado pela planilha CLT, e distribui no tempo, destacando os finais de semana, guardando os dias que realmente são de interesse para o MRP. Após a distribuição dos dados, três colunas isoladas informam à produção, o número de dias que é preciso voltar no tempo, para que ocorra o início de cada processo. As datas de emissão são encontradas aplicando-se uma fórmula de condição que compara os tempos ditados pelo cálculo do seqüenciamento das ordens (CSO), com os números distribuídos nesta planilha, relacionando os tempos de início de processo com as datas do calendário, destacando os dias em que não ocorre produção. Para a disposição das datas desta planilha, busca-se o dia em que o lote torna-se disponível, calculado pela planilha anterior e aplica-se uma fórmula de subtração simples.

Conjuntamente ao cálculo das necessidades de tempo, o MRP faz necessário o cálculo das necessidades líquidas de materiais, informando o quanto é necessário comprar. E para concluir esta necessidade é preciso buscar informações através da lista de materiais (LM) e quantidade de materiais (QM), formando novas planilhas que possibilitem efetuar este cálculo.

Após obter as informações de necessidades de materiais e seus relativos custos, as planilhas que compõem a Necessidade Bruta (NBM e NBT) buscam na planilha Plano Mestre (PM), a demanda projetada, e então são multiplicadas a estes dados as quantidades unitárias e custos relativos, formando a necessidade bruta do lote simulado.

Os primeiros dados oferecidos pelas planilhas anteriores informam ao cálculo das necessidades líquidas, o número exato das quantidades de materiais necessários para a fabricação de todo o lote. Sendo assim, são inevitáveis a subtração dos itens existentes em estoque e a introdução de um montante em estoque que possa assegurar possíveis falhas de processo. Nesta planilha são calculados os custos e as quantidades de materiais necessárias para atender a produção.

Na planilha NL, primeiramente é definido um espaço para colocar a denominação dos itens a serem calculados e suas respectivas unidades. Então é criada uma coluna, onde é adicionada a soma das necessidades brutas para cada item. Para o cálculo das necessidades líquidas, criam-

se mais três colunas: i) *Coluna "QE"*: referente às quantidades existentes em estoque que é vinculada à planilha QE; ii) *Coluna "ES"*: vinculada à planilha dos estoques de segurança, e referente ao estoque necessário para resguardar a empresa de possíveis falhas no processo; iii) *Coluna "NL"*: onde contém a fórmula $NL = NB - QE + ES$, ou seja, a necessidade líquida é igual a necessidade bruta de um determinado item subtraída da quantidade que a empresa possui em estoque, mais a quantidade calculada relativa ao estoque de segurança. E para finalizar, é colocada a última coluna que multiplica a necessidade líquida pelo preço unitário do item, criando o custo que deverá ser invertido para realizar aquela produção simulada.

A entrada dos dados de simulação ocorre através da planilha Plano Mestre (PM). A simulação é feita quando são sugeridas uma previsão de demanda e uma data de planejamento. A entrada destes dados é efetuada através da tabela previsão de demanda. É possível simular outros dados. As informações encontradas nas planilhas dos dados básicos de entrada podem ser manipuladas conforme a estratégia da organização, criando diversos quadros, descrevendo diversas situações e cenários.

As respostas ao MRP, com exceção das necessidades líquidas, encontram-se junto à planilha PM, onde ocorrem também as entradas dos dados de simulações. Esta junção entre as entradas e saídas de informações foi feita para uma melhor visualização, mas pode ficar sob o critério das empresas. As respostas ao MRP, encontradas na planilha PM, são divididas em dois momentos: i) *Quando comprar e quando produzir* - os dados de quando comprar e quando produzir são simplesmente vinculados à planilha CDM; ii) *Capacidade de processo* - os dados da capacidade de processo são vinculados à planilha CC. A Figura 2 apresenta uma parte destas respostas, ou seja, as informações referentes às datas de compra e produção:

Quando Comprar		Quando Produzir	
Data início de compras	30-mai	Data início da Produção	2-jun
	OC		OP
Ac. finais	16-jun	Bobinas AT	22-jun
Ac. Núcleo	22-jun	Bobinas BT	21-jun
Ac. Tanque	1-jun	Corte Armaduras	13-jun
Aço Armadura	3-jun	Corte Núcleo	2-jun
Aço Radiadores	15-jun	Corte Radiadores	23-jun
Aço Silício	3-jun	Corte Tanque	23-jun
Aço Tanque	30-mai	Montagem Final	1-jul
Fio Esmaltado	14-jun	Mont. Núcleo	20-jun
Fio Retangular	13-jun	Parte Ativa	27-jun
Óleo	9-jun	Tanque	24-jun
Papel isolante AT	14-jun		
Papel isolante BT	24-jun		

Figura 2 - Quando comprar e quando produzir

4. O Estudo de Caso

O estudo de caso deste trabalho iniciou-se com a definição do problema existente na empresa Pólo Equipamentos Elétricos. Após a definição do problema, o estudo partiu para a etapa da revisão teórica, abordando as idéias e modelos de cálculos já existentes, descritas por outros autores com a intenção de ajudar nas soluções específicas deste caso. Baseado nas fundamentações da revisão bibliográfica foram realizadas visitas à empresa piloto, objetivando a coleta de dados para a definição dos produtos que a empresa produz, quais os materiais necessários para esta produção e quais as etapas de processos existentes.

Com o auxílio da revisão, desenvolveu-se o aplicativo, e em cima deste foi feita uma contextualização, que auxilia no seu entendimento e especifica a funcionalidade e as opções

de informações que podem ser extraídas. Após a construção do aplicativo e sua respectiva contextualização, realizou-se um teste para sua validação, partindo de uma simulação que demonstra seu funcionamento. Para o processo de validação foi feita uma entrevista informal junto ao diretor de produção quando do preenchimento dos dados básicos de entrada.

E, enfim, a validação do trabalho é descrita, considerando-se o que pode ser proveitoso para o futuro, em relação a este estudo específico e quais as possíveis falhas do mesmo.

Após a análise geral sobre o desenvolvimento do sistema que calcula as necessidades do MRP, deve existir uma compreensão da simulação em si. Porém, para colocar em prática esta simulação, é preciso primeiramente, introduzir as informações que possuem baixa rotatividade em relações às mudanças, e conhecer-se um pouco mais a empresa piloto.

A Pólo Equipamentos Elétricos, situada em Santa Maria, RS, é uma empresa de pequeno porte que vem trabalhando com reformas de transformadores elétricos de distribuição há 20 anos, e na fabricação de transformadores há apenas 3 anos. Atualmente possui 26 colaboradores na manufatura e outros 4 na área administrativa. É uma empresa que vem crescendo e seu mercado maior constitui-se das distribuidoras de energia AES Sul, RGE e CEEE.

A empresa possui duas linhas produtivas em paralelo, a parte ativa e a parte mecânica, que juntas numa terceira etapa, formam o produto acabado. A parte ativa se divide em duas atividades simultâneas, sendo elas a montagem das armaduras com as chapas de aço silício e a produção das bobinas de alta e baixa tensão, que se encontram num segundo momento junto aos acessórios do núcleo, com a finalidade da obtenção desta parte. Na parte mecânica é executado o corte das chapas, e através do uso da solda é montada a parte externa do produto, (o corpo, a tampa e o fundo) e todos os demais acessórios do tanque. Ao final dos dois processos paralelos, citados anteriormente, é inserido o produto da parte ativa na parte mecânica e são acrescentados então, todos os acessórios finais e o óleo isolante, finalizando o produto através da inspeção final, efetuada em laboratório próprio.

Junto à definição do processo produtivo existente na empresa piloto, foi levantado o conjunto de dados essenciais que possibilitam a aplicação do protótipo. Os dados básicos para o desenvolvimento do sistema são os mais próximos da realidade da empresa. Para um planejamento de produção, torna-se necessária, ainda, a coleta de dados iniciais que possibilitem uma futura simulação. Estas entradas são descritas abaixo.

Na planilha lista de materiais (LM) são encontrados todos os tipos de componentes e itens que constituem cada produto. A entrada básica diz respeito aos preços de mercado. Através de consultas às notas fiscais de compras passadas e pesquisas direcionadas aos custos de aquisição dos materiais, é preenchida a coluna "R\$ Unit." existente nesta planilha, sendo por fim, colocadas as datas de atualizações na coluna ao lado.

As informações de quantidades de materiais são reveladas a partir dos projetos de cada produto. Estas quantidades são calculadas primeiramente por um software dedicado, já existente, que informa todos os dados necessários em relação aos padrões técnicos de quantidades necessárias para a produção de cada item. Sendo assim, os dados de quantidade são aproveitados e transferidos para o aplicativo proposto.

Em termos de Tempos de Processo, os dados de entrada têm o objetivo de informar os valores que retratam os tempos necessários de produção, montagem de cada etapa do produto e as restrições de cargas horárias disponíveis mensalmente. A carga de horas diária é ditada pela empresa. Para a célula "Número de dias do mês", é preciso verificar o mês em que será efetuada a entrega do lote e buscar o número de dias disponíveis em um calendário usual. Os dados inseridos, tanto na tabela dos modelos monofásicos quanto na dos trifásicos são

encontrados ao se cronometrar os tempos relativos de cada processo. Para uma melhor exatidão destes tempos, é preciso criar uma amostragem de valores de tempos para cada etapa e inserir a média das amostras nas células das etapas a que se referem. Ao se analisar a planilha Tempos de Processo (TP), encontra-se uma coluna denominada NP. Esta coluna deve informar quantos processos existem em paralelo, para cada item de processo, ou seja, se existem mais de uma linha de produção trabalhando o mesmo item ao mesmo tempo. A Figura 3 apresenta a Tabela de Tempos de Processo para a empresa em questão.

Carga de horas diária		Número de dias do mês							
8		22							
Itens de Processo	NP	Monofásicos				Trifásicos			
		5	10	15	25	30	45	75	112,5
Corte Núcleo	2	100	120	130	140	150	180	240	300
Bobinas AT	5	140	160	180	200	250	280	300	360
Bobinas BT	2	90	100	110	110	180	190	200	220
Corte Armaduras	1	120	120	120	120	150	150	150	150
Montagem Núcleo	1	60	60	60	60	60	60	60	60
Corte Tanque	1	15	15	25	30	40	45	60	80
Radiadores	1		10	10	20	40	45	60	80
Parte Ativa	2	120	120	125	130	180	190	220	240
Montagem Tanque	3	200	200	220	250	300	330	400	430
Montagem Final	1	60	60	60	60	90	90	100	120

Figura 3 - Tempos de Processo para a Empresa

A planilha *lead time* de compras deve obter informações em relação ao tempo existente entre o pedido e a entrega da matéria-prima. Neste ponto são coletados os dados conforme a média dos *lead times* anteriores, ou então pelo prazo dado formalmente ou informalmente pelos fornecedores. A média em relação às entregas passadas também contribuem para diminuir a margem de erro entre o tempo ditado pelo fornecedor e a entrega propriamente dita.

As quantidades em estoques existentes na empresa geram os valores desta planilha. Uma vez colocados os dados de quantidades, pode-se interpretar o capital investido em matéria-prima e informar à planilha NL o que não é preciso comprar.

O estoque de segurança é calculado pela planilha ES. Neste ponto foi preciso informar uma taxa relativa à segurança, que no caso é proporcional ao gasto de materiais em relação aos *lead times* de compras, ou seja, se for definida uma taxa igual a 100% para o estoque de segurança de um determinado item, o *lead time* de compra do fornecedor dado em dias, multiplicado pela média de consumo diário informará o nível de estoque existente em 100%, o necessário para cobrir todo o *lead time* de compras deste item.

Com o aplicativo proposto é possível fazer inúmeras simulações. O exemplo que segue diz respeito às entradas básicas tratadas. Pode-se dizer que a chave para o planejamento das necessidades de materiais é a definição da data da programação e a previsão de vendas. Se os dados básicos estiverem de acordo com o sistema da empresa, o preenchimento dos dados de simulação resultarão numa série de cálculos que propiciam respostas para todas as questões relacionadas ao MRP.

Segue-se o exemplo citado: A concessionária AES Sul, informou à empresa Pólo a necessidade de 78 transformadores de distribuição, e gostaria de saber qual o prazo de entrega. Os transformadores são os seguintes:

- 5 transformadores de 5 KVA monofásicos;
- 20 transformadores de 10 KVA monofásicos;

- 15 transformadores de 30 KVA trifásicos;
- 18 transformadores de 45 KVA trifásicos;
- 20 transformadores de 75 KVA trifásicos.

Para responder quanto ao prazo de entrega, os dados de necessidades do cliente são preenchidos diretamente na planilha PM, conforme suas potências e suas respectivas categorias. Logo após informar estes dados, é necessário retornar a informação ao cliente de quando será possível efetuar esta entrega. Para isto é inserido o dia em que será efetuado o planejamento na opção "data do planejamento", logo acima da célula "Lote Disponível" e quando colocados os produtos, todo planejamento futuro é calculado e informado nesta mesma planilha com exceção das necessidades líquidas. A planilha do Plano Mestre é apresentada na Figura 4:

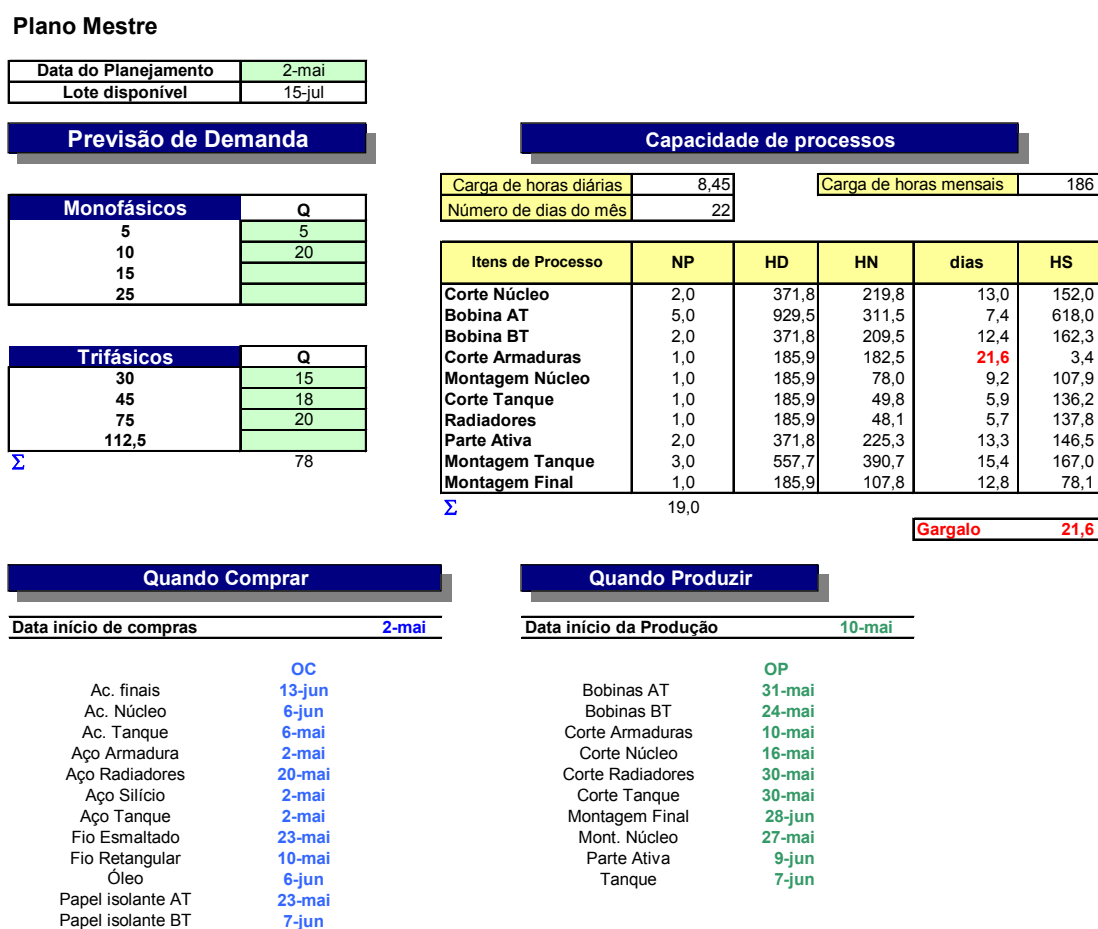


Figura 4 - Plano Mestre

As informações geradas na planilha PM são divididas por três tabelas que definem o momento de compras, quando é necessário produzir e o limite de capacidade da empresa.

As respostas de quando comprar cada item é fundamental para a redução do estoque da empresa e é respondida pelos dados em azul. Estas informações são visualizadas na Figura 5. As informações reveladas por esta tabela buscam os dados da planilha CDM. Como respostas para o MRP estes dados são válidos, mas para a otimização é preciso os dados exatos dos *lead times* de processo.

Quando Comprar	
Data início de compras	2-mai
	OC
Ac. finais	13-jun
Ac. Núcleo	6-jun
Ac. Tanque	6-mai
Aço Armadura	2-mai
Aço Radiadores	20-mai
Aço Silício	2-mai
Aço Tanque	2-mai
Fio Esmaltado	23-mai
Fio Retangular	10-mai
Óleo	6-jun
Papel isolante AT	23-mai
Papel isolante BT	7-jun

Figura 5 - Quando Comprar

Embora a tabela "Quando Produzir" original, revele a produção e o momento em que cada maquinário deve estar disponível para a execução do lote, assume-se, pela própria definição do modelo MRP, que estas datas de produção não estão otimizadas devido ao cálculo de necessidades dos materiais não reconhecer que diferentes níveis possam trabalhar em paralelo. A Figura 6 apresenta esta tabela:

Quando Produzir	
Data início da Produção	10-mai
	OP
Bobinas AT	31-mai
Bobinas BT	24-mai
Corte Armaduras	10-mai
Corte Núcleo	16-mai
Corte Radiadores	30-mai
Corte Tanque	30-mai
Montagem Final	28-jun
Mont. Núcleo	27-mai
Parte Ativa	9-jun
Tanque	7-jun

Figura 6 - Quando Produzir

A capacidade de processo é um dos fatores que limitam as vendas. Neste caso, quando é informada a previsão de vendas, o protótipo calcula a capacidade que a empresa tem de atender aos pedidos. No exemplo demonstrado, as condições propostas condizem com a situação da empresa. A Figura 7 apresenta a capacidade de processos:

Capacidade de processos					
Carga de horas diárias	8,45	Carga de horas mensais		186	
Número de dias do mês	22				
Itens de Processo	NP	HD	HN	dias	HS
Corte Núcleo	2,0	371,8	219,8	13,0	152,0
Bobina AT	5,0	929,5	311,5	7,4	618,0
Bobina BT	2,0	371,8	209,5	12,4	162,3
Corte Armaduras	1,0	185,9	182,5	21,6	3,4
Montagem Núcleo	1,0	185,9	78,0	9,2	107,9
Corte Tanque	1,0	185,9	49,8	5,9	136,2
Radiadores	1,0	185,9	48,1	5,7	137,8
Parte Ativa	2,0	371,8	225,3	13,3	146,5
Montagem Tanque	3,0	557,7	390,7	15,4	167,0
Montagem Final	1,0	185,9	107,8	12,8	78,1
				21,6	

Figura 7 - Capacidade de Processos

Observa-se que o número que aparece em vermelho é inferior ao número de dias úteis do mês, e isto quer dizer que a partir da entrega do primeiro lote é possível que este número de transformadores contratados possa ser colocados na linha de produção, pois o prazo dado para o primeiro lote é maior, já que necessita-se contatar o fornecedor para a entrega da matéria-prima antes de iniciar a produção.

As informações de necessidades de matérias-primas são as únicas informações que resultam da simulação e que não são visualizadas na planilha principal. Estas informações são visualizadas na planilha "Necessidade Líquida" (NL). O cálculo desta necessidade depende do nível existente em estoque, a margem de segurança e o total necessário para a fabricação dos mesmos.

Desta forma, foi constatado através da validação do aplicativo, que as questões exigidas pelo modelo do cálculo de necessidade dos materiais são respondidas, mas que a veracidade destas informações dependem da exatidão dos dados básicos coletados.

5. Considerações Finais

Na primeira etapa deste trabalho foi revelado o problema existente na realidade das pequenas empresas e trata-se do desenvolvimento de um aplicativo para o cálculo de emprego dos materiais, justificando a necessidade da existência do mesmo. Em um segundo momento, foi resgatado o referencial teórico acerca do modelo de gestão de materiais conhecido por MRP. Na seqüência, falou-se da contextualização do aplicativo gerado, demonstrando-se que é possível a construção de modelos de simulação baseados em planilhas eletrônicas. Com a utilização do modelo MRP, torna-se possível planejar as compras, reduzindo os estoques, e por conseqüência, os custos envolvidos, mas o preço elevado de softwares especializados força as empresas de pequeno porte a gerirem seus estoques sem o auxílio destas ferramentas, podendo-se concluir que isto acontece devido à falta de capital para investimentos, mas deve-se também pela insegurança de adquirir um produto caro que não atenda satisfatoriamente à gestão dos materiais.

A construção de aplicativos em planilhas simples do *Microsoft Excel* propiciaria a resolução dos problemas citados anteriormente a baixo custo, pois a conclusão que se chegou foi a da possibilidade de administrar materiais através de aplicativos como o proposto.

Enfim, este trabalho demonstrou a possibilidade e a efetividade do desenvolvimento de aplicativos construídos em planilhas eletrônicas como soluções práticas e de baixo custo para

empresas de pequeno porte. A escolha de um tema importante como o cálculo das necessidades de materiais teve a intenção de apresentar-se como modelo para a construção de protótipos, propondo-se a resolver problemas de outras empresas e de demonstrar que existe a possibilidade de obter-se ganhos de produtividade e de lucratividade a partir de planilhas simples.

Os autores afirmam que é necessário fazer-se uso sistemático do aplicativo construído durante um período de tempo suficiente para observação, análise e melhoria do seu desempenho, em empresas de pequeno porte. O teste efetuado do aplicativo desenvolvido, com os dados reais da empresa piloto, demonstra a adequação e funcionalidade do mesmo. Após a alimentação deste aplicativo com dados básicos de entrada, o mesmo efetua cálculos automaticamente encontrando as respostas às questões básicas do modelo MRP.

Com a utilização do modelo MRP, torna-se possível planejar as compras reduzindo os estoques e por conseqüência os custos envolvidos. Evidentemente que, atualmente, existem soluções muito mais sofisticadas e funcionais em termos de gestão de materiais, como por exemplo, o Planejamento Fino de Produção, porém a intenção do presente trabalho consistiu em desenvolver um aplicativo voltado para pequenas empresas, uma vez que soluções mais sofisticadas ainda estão fora do alcance de empresas de pequeno porte.

6. Referências

- ARNOLD, J. R. Tony. (1999). Administração de Materiais. São Paulo: Atlas.
- DIAS, Marco Aurélio P. (1993). Administração de materiais: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas.
- IMAM. (1996). Gerenciamento da Logística e cadeia de suprimentos/ *Logistic Training internacional*; São Paulo: IMAM.
- GONÇALVES, Paulo Sergio. Et. Al. (1979). Administração de Estoques. Rio de Janeiro: Interciência.
- MOREIRA, Daniel Augusto. (2000). Administração da Produção e Operações. 5 ed. São Paulo: Pioneira.
- SLACK, Nigel. Et. Al. (1997). Administração da Produção. São Paulo: Atlas.