UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA
UNOESC – UNIDADE CHAPECÓ

FÁBIO ADRIÉL BECKERT

RASTREAMENTO DA PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA COM RFID USANDO ARDUINO

CHAPECÓ, SC
2012

FÁBIO ADRIÉL BECKERT

RASTREAMENTO DA PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA COM RFID USANDO ARDUINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Sistema de Informação, Área das Ciências Exatas e da Terra, da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC Unidade de Chapecó como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel de Sistema de Informações.

Orientador: Prof. Cristiano Agosti

CHAPECÓ, SC
2012

FÁBIO ADRIÉL BECKERT

RASTREAMENTO DA PRODUÇÃO COM RFID USANDO ARDUINO PARA UMA INDUSTRIA MOVELEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Sistema de Informação da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC Unidade de Chapecó como requisito para obtenção do grau de bacharel de Sistema de Informações.

Aprovada em: ____/____/_____.

BANCA EXAMINADORA

_____
Cristiano Agosti (Mestre)
Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC
Nota atribuída:

_____
Jose Luiz Cunha Quevedo (Especialista)
Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC
Nota atribuída:

_____
Rafael Leite (Especialista)
Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC
Nota atribuída:

Dedico este trabalho ao meu Deus todo poderoso, pois foi através dos dons que ele me concedeu que cheguei até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família que sempre me apoiou, a minha mãe que sempre me incentivou a estudar muito, ao meu pai que sempre diz que se não sou o maior devo ser o melhor, ao meu irmão que me levava e buscava na aula quando eramos crianças e minha irmã que sempre cuidava de mim, e a minha esposa, que sempre me incentiva a continuar buscando mais e mais conhecimento.

Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho foi elaborado visando demonstrar as vantagens do uso do RFID, que é um método de identificação através de rádio frequência, em relação ao uso do código de barra no controle da produção de uma indústria moveleira do oeste do estado de santa catarina. O leitor encontrará no decorrer do desenvolvimento do mesmo, subsidio para montar seu próprio leitor de RFID móvel usando arduino, que é uma plataforma aberta de desenvolvimento de hardware, encontrará também detalhes de como integrar os dados coletados pelo leitor móvel com sistemas de ERP.

Palavras-chave: rfid, arduino, coletor de dados, leitor móvel, controle de produção, rastreamento da produção.

ABSTRACT

This work was done in order to demonstrate the advantages of RFID, which is a method of identification through radio frequency, in relation to the use of bar code to control the production of a furniture industry in the western state of Santa Catarina Brazil. The reader will find in the course of development of the same, a subsidy to build their own mobile RFID reader using arduino, which is an open platform for hardware development, you will also find details of how to integrate data collected by mobile reader with ERP systems.

Keywords: RFID, Arduino, data collector, mobile reader, production control, production tracking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1: Sistema RFID....18
Ilustração 2: As tags vêm em muitas formas e tamanhos....20
Ilustração 3: Leitor manual RFID 21
Ilustração 4: IDE ARDUINO....23
Ilustração 5: Exemplos de montagens de circuitos em um protoboard (à esquerda); Foto de um protoboard (à direita)....24
Ilustração 6: Multímetro digital. 24
Ilustração 7: Cadeira 1.090, Poltrona 448 e Puff 5.300....25
Ilustração 8: Quadro com cartão identidade das peças....26
Ilustração 9: Terminal Linux Terminal Server Poject (LTSP)....27
Ilustração 10: Tela de status da produção....27
Ilustração 11: Fluxo de funcionamento do processo....31
Ilustração 12: Portal RFID....32
Ilustração 13: arduino uno R3....33
Ilustração 14: Display LCD....34
Ilustração 15: Esquema de conexão entre arduino e display lcd....35
Ilustração 16: Ambiente de desenvolvimento do hardware....35
Ilustração 17: Leitor RFID ID-12 125 kHz....36
Ilustração 18: Placa RFID Reader Breakout....36
Ilustração 19: Esquema de ligação entre ID-12 e ARDUINO....38
Ilustração 20: Cartão RFID 125kHz....38
Ilustração 21: Chaveiro RFID 125khz....39
Ilustração 22: Memória I2C EEPROM – 256kbits....39
Ilustração 23: Buzzer 12mm 2.048kHz....41
Ilustração 24: Botão 12mm....42
Ilustração 25: Barra de pinos, jumpers e fios....43
Ilustração 26: Projeto....44
Ilustração 27: Medição de consumo de energia com multímetro digital....45
Ilustração 28: Esquema de ligação dos componentes ao arduino....45
Ilustração 29: Funcionamento do protocolo de comunicação....48
Ilustração 30: Modelo ER do banco de dados....50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplo de uso de display lcd no arduino.....35
Quadro 2: Informação recebida do leitor RFID.....36
Quadro 3: Exemplo de aplicativo lendo dados do leitor RFID ID-12 ou ID-20.....37
Quadro 4: Exemplo de uso da biblioteca Fbasfs.h.....40
Quadro 5: Exemplo de reprodução no arduino da musica 187 da harpa crista(Mais perto, meu deus de ti!).....41
Quadro 6: Exemplo de uso de botão com clique curto e clique longo.....42
Quadro 7: Esquema de conexão do RFID.....46
Quadro 8: Esquema de conexão do Display LCD.....46
Quadro 9: Esquema de conexão da Memoria EEPRON I2C.....46
Quadro 10: Esquema de conexão do Buzzer.....46
Quadro 11: Esquema de conexão do Botão.....46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....11

1.1 OBJETIVOS.....11

1.1.1 Objetivo geral.....12
1.1.2 Objetivos específicos.....12

2 REVISÃO DA LITERATURA.....13

2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....13

2.1.1 História.....13
2.1.2 Conceitos de gestão de estoque.....15
2.1.3 Sistemas de administração da produção.....15
2.1.4 Sistema de planejamento de necessidades de material (MRP).....15
2.1.5 Sistema de planejamento de recursos de fabricação (MRP II).....16
2.1.6 just in time (JIT).....16
2.1.7 Sistemas de programação da produção com capacidades finitas.....16
2.1.8 Sistema de planejamento de recursos empresariais (ERP).....17

2.2 IDENTIFICAÇÃO POR RADIO FREQUÊNCIA (RFID).....17

2.2.1 História.....18
2.2.2 Vantagens do uso de identificação por rádio frequência (RFID).....19
2.2.3 TAGS.....20
2.2.4 Leitor.....21

2.3 ARDUINO.....22

2.4 ELETRÔNICA.....23

3 CAMPO OU ÁREA DE ESTUDO.....25

4 MÉTODOS.....28

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....30

5.1 ENTREVISTAS COM FUNCIONÁRIOS DA EMPRESA-ALVO.....30

5.2 SOLUÇÃO PROPOSTA.....31

5.3 DEFINIÇÃO DO TIPO DE LEITOR RFID A SER UTILIZADO.....32

5.4 COLETOR DE DADOS DESENVOLVIDO EM ARDUINO.....33

5.4.1 Display LCD.....34
5.4.2 Leitor RFID ID-12 125 kHz,Placa RFID Reader Breakout e Cartão RFID 125kHz.....36
5.4.3 Memória I2C EEPROM - 256kbit.....39
5.4.4 Buzzer 12mm 2.048kHz.....40
5.4.5 Botão 12mm.....42
5.4.6 Gabinete Arduino Project Enclosure.....43
5.4.7 Bateria e medição do consumo de energia.....44

5.4.8 Software do coletor.....45
5.5 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO E SOFTWARE DE SINCRONIZAÇÃO DOS DADOS. 48
5.6 PROTÓTIPO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DE ERP.....49
5.7 PROPOSTA PARA SUBSTITUIÇÃO DO PROCESSO ATUAL.....50
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....51

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de *Radio Frequency Identification* (RFID), vem sendo amplamente utilizada para as mais diversas tarefas como a gestão de ativos, sistemas de inventário, rastreamento de produtos, controle de acesso, passaportes, bibliotecas, telemetria entre outros, ele é composto por dois componentes, o leitor e a *tag*, ao aproximar a *tag* do leitor o mesmo captura seu código.

Em 2006, foi implementado na empresa-alvo um sistema para rastrear a produção através da utilização de cartões com códigos de barras, onde na passagem dos produtos de um setor para o outro a leitura do código de barras é feita. Com a implementação dos cartões de código de barras muitos dos problemas de controle da produção foram resolvidos, trazendo ótimos resultados dentre eles a redução do tempo necessário para verificar o andamento da produção pelos encarregados de setores e uma melhor organização no andamento da produção, evitando assim que pedidos andassem em ordens incorretas dentro da fábrica. Mas no decorrer dos anos, novas formas de efetuar o mesmo trabalho de forma mais prática e precisa se tornaram mais acessíveis, dentre elas está o uso do RFID.

Com o arduino, a implementação de um coletor móvel de RFID se tornou viável econômica e operacionalmente, por se tratar de hardware aberto, pôde-se desenvolver um coletor que atende-se tanto as necessidades existentes quanto demandas futuras sem necessidade de substituição de hardware.

O uso dos cartões com códigos de barras sempre tiveram como principal problema a falta de confiabilidade na informação, devido ao fato de estarem em um ambiente com muito pó, muitos deles acabam sendo rasgados ou sujos impossibilitando a sua leitura.

Outra dificuldade encontrada desde o inicio, está na passagem do produto pelo setor da pintura, onde o cartão precisa ser removido da peça e após o término do processo de pintura muitas vezes o mesmo não retorna.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade da adaptação do sistema atual de controle da produção por um novo modelo usando RFID através da criação de um protótipo de software e hardware para o acompanhamento da produção na indústria Verona Móveis.

1.1.2 Objetivos específicos

Entrevistar profissionais na empresa para detectar detalhes do problema .

Analisar os resultados das entrevistas para identificar os problemas da forma de trabalho atual .

Conhecer o processo atual do planejamento e controle da produção da empresa Verona Móveis para poder desenvolver o protótipo.

Estudar o protocolo de funcionamento de hardware e software RFID para poder definir qual o equipamento que irá melhor se adequar ao protótipo.

Desenvolver um protótipo de hardware para coletar os dados da produção com o uso de RFID.

Desenvolver um protótipo de software para coletar os dados do hardware de RFID.

Elaborar um plano para demonstrar as vantagens ou desvantagens em substituir o processo de coleta atual por RFID.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

Por se tratar de um protótipo de software e hardware de rastreamento de produção, será abordado neste capítulo conceitos relevantes sobre administração da produção, sua evolução histórica e as principais metodologias e sistemas utilizados atualmente.

A administração da produção é a atividade que ocupa-se de gerenciar os limitados recursos humanos, tecnológicos e informacionais com a intenção de produzir bens e serviços que atendam as necessidades dos clientes, com qualidade e em tempo e custos adequados. As origens da área da administração da produção são difíceis de rastrear, porém, operações sempre tiveram de ser gerenciadas, pois sempre houve geração de produtos de valor agregado entregue a clientes (CORRÊA;CORRÊA, 2009)

Segundo Wilson (1995 apud CORRÊA;CORRÊA,2009), as grandes obras realizadas em tempos passados da humanidade têm maior probabilidade de ter sido os primeiros tipos de processo produtivo a requerer técnicas gerenciais para suas operações. Grandes projetos foram desenvolvidos na Antiguidade tais como a Grande muralha da China, as Pirâmides no Egito, as Estradas no Império Romano, a construção das Grandes Catedrais etc. Baseado nisto pode-se afirmar que a séculos atrás já foram dispendidos grandes esforços de coordenação.

2.1.1 História

Segundo Abernathy e Corcoran (1983 apud CORRÊA;CORRÊA,2009), logo após a Revolução Americana com a Declaração de Independência de 1776, surgiu um modelo de gestão industrial de produtos complexos com base tecnológica, hoje conhecido como Sistema Americano de manufatura (*Americam System of Manufacturing* – ASM) que se tornou padrão somente ao longo do século XX.

Em 1939 com a Segunda Grande Guerra Mundial (II GGM) os esforços das industrias foram direcionados para apoiar seus países aumentando seus investimentos em pesquisa operacional.

Com isso inicia-se no pós-gerra áreas como “Planejamento, programação e controle de produção”, “Controles de estoques” , “Previsões” e outras (CORRÊA;CORRÊA,2009).

Em 1950 W. Edward Deming começou a ensinar controles estatísticos de qualidade. E atualmente é considerado o pai do controle de qualidade (CORRÊA;CORRÊA,2009).

Nos anos 50 com o surgimento do computador, iniciavam-se as esperanças para a área de planejamento e controle de produção, pois mesmo com as teorias dos anos 30, a grande quantidade de informação não tinham como serem processadas, dava-se inicio ao controle e gestão de estoques(CORRÊA;CORRÊA,2009).

Whickeham Skinner e o nascimento da “estratégia de manufatura” fazem com que nas décadas de 70, 80 e 90, as operações fossem voltadas não somente para a produção. Fatores como clientes e a concorrência passaram a fazer parte das decisões sobre as estratégias da produção. Nos anos 70 as empresas americanas estudaram e tentaram adotar o just in time (JIT), para competir com as eficientes empresas japonesas. Mais tarde, sistemas de gestão integrados foram desenvolvidos para melhor permitir às empresas a gestão eficiente de seus recursos materiais (CORRÊA;CORRÊA,2009).

Nos anos 80 a preocupação foi com o gerenciamento da produção, e ideias como o *Total Quality Management* (TQM) que é o gerenciamento da qualidade total e a ISO 9000 foram tomados não mais como adicional competitivo mas como algo que deveria fazer parte da industria (CORRÊA;CORRÊA,2009).

Na mesma época supramencionada, surgem as chamadas redes de suprimentos que visam reverter o fato de que em 200 anos ter se trabalhado somente melhorias voltadas para as empresas individualmente não levando em conta os fornecedores. Olhando de um ângulo mais acima, pode-se perceber que empresas produzem produtos para outras empresas que por sua vez produzem produtos acabados. Então a partir dos anos 80 e 90 pôde-se verificar que ouve muito interesse tanto por parte das empresas como da academia em utilizar técnicas de gestão de redes de suprimento, levando a uma maior integração com os nós externos dos sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) sistemas integrados de gestão empresarial, e *Manufacturing Resource Planning* (MRP II) que são sistemas de planejamento dos recursos de manufatura (CORRÊA;GIANESI;CAON, 2001;CORRÊA;CORRÊA,2009).

2.1.2 Conceitos de gestão de estoque

Segundo Corrêa,Gianesi e Caon (2001) Um dos principais conceitos dentro do escopo dos sistemas de administração da produção é o conceito de estoques. Atualmente o conceito de estoque é melhor entendido, nos anos 80 muitas empresas tiveram problemas estratégicos sérios por acreditarem que deveriam baixar os estoques a zero. Hoje entende-se de forma mais clara, que deve-se buscar é ter somente estoque estritamente necessário.

2.1.3 Sistemas de administração da produção

Para Corrêa,Gianesi e Caon (2001) são sistemas voltados para o apoio a tomada de decisões, táticas e operacionais, refente as questões voltadas a: o que, quanto, quando e quem irá produzir ou comprar . Diversas abordagens são usadas para chegar a este objetivo, as mais amplamente utilizadas a partir dos anos 90 são: sistemas de MRP II, JIT e sistemas de programação da produção com capacidades finitas.

2.1.4 Sistema de planejamento de necessidades de material (MRP)

Para Corrêa,Gianesi e Caon (2001) *Material Requirement Planning* (MRP) são sistemas voltados para o planejamento de necessidades de materiais. O conceito de cálculo de necessidade é simples e conhecido há muito tempo, baseia-se na ideia de que se se são conhecidos todos os componentes de determinado produto e os tempos de obtenção de cada um deles, pode-se, com base na visão das necessidades futuras, calcular os momentos e as quantidades que devem ser obtidas de cada um dos componentes para que não haja falta nem sobra de nenhum deles, para se chegar ao ponto de saber quanto e quando deve-se efetuar a compra o sistema deve ser alimentado com as informações de qual matéria-prima é necessária para produzir um produto ou componente deste produto e quanto tempo leva para que o fornecedor entregue o item.

2.1.5 Sistema de planejamento de recursos de fabricação (MRP II)

Manufacturing Resource Planning (MRP II) são a evolução dos sistemas de MRP pois além de fazer o que o MRP faz, foi adicionado o calculo de requerimento de outros recursos do processo de manufatura como disponibilidade de mão de obra, porém, o MRP é mais amplo pois ele calcula o fluxo em que a produção deve andar, sendo possível simular e definir qual a melhor ordem que se deve efetuar a programação da produção (CORRÊA;GIANESI;CAON,2001)

2.1.6 just in time (JIT)

No Japão, esforços feitos pela industria e pela sociedade no sentido de reconstruir e retomas as atividades após a II GGM dão inicio a semente do desenvolvimento do JIT. Que é uma filosofia de produção desenvolvido pela Toyota Motor Co. Pelo gerente de produção chamado Tahiichi Ohno. Sendo que através dele em 1945 o Japão deixa para trás um pais derrotado pela gerra e se coloca como uma das maiores potências mundiais. Foi baseado no fato de que a industria japonesa deveria produzir 10 vezes mais o que era produzido atualmente e em um período de 3 anos para poder se recolocar no mercado ou não conseguiria se re-estabelecer que Ohno estudou os métodos americanos de produção e desenvolveu a metodologia JIT, voltada para o não desperdício dos escassos recursos, onde se trabalhava para identificação dos desperdícios e evolutivamente trabalhar até eliminá-los (CORRÊA;CORRÊA,2009).

Para Corrêa, Gianesi e Caon (2001) algumas expressões são usadas para traduzir os aspectos da filosofia JIT: Produção sem estoques, eliminação de desperdícios, manufatura de fluxo contínuo e esforço contínuo na resolução de problemas.

2.1.7 Sistemas de programação da produção com capacidades finitas

Visando apoiar as decisões no âmbito da programação da produção, foram desenvolvidos os sistemas de programação da produção com capacidade finita. Esses sistemas têm a característica principal de considerar a capacidade produtiva e as características tecnológicas do sistema como uma restrição para a tomada de decisão de programação, buscando garantir que o programa de produção resultantes seja viável, ou seja, caiba dentro da capacidade disponível(CORRÊA;GIANESI;CAON,2001).

2.1.8 Sistema de planejamento de recursos empresariais (ERP)

Sistema integrado de gerência automática, ou no original *Enterprise Resource Planning* (ERP) são sistemas de gestão empresarial informatizados, para tornar a gerência automática, é preciso antes de mais nada definir bem as regras de negócio de uma empresa. Estas regras devem prever todas as situações que ocorrem no dia a dia de uma organização e quais ações a serem tomadas. Um Sistema ERP é composto de vários subsistemas integrados entre si, abrangendo todos os departamentos da empresa como: Contábil como um instrumento gerencial e não somente uma obrigação fiscal; Suprimentos que abrange diversas técnicas de administração da produção de materiais, MRP I, MRP II, ponto de pedido, lote econômico, estoque de segurança, cálculos de projeção de consumo, carga máquina e rastreabilidade em alguns casos; Finanças; Recursos Humanos e Departamento de Pessoal (HABERKORN, 1999).

> Um sistema dito ERP tem a pretensão de suportar todas as necessidades de informação para a tomada de decisão gerencial de um empreendimento como um todo. Em uma tradução livre, *Enterprise Resources Planning* poderia significar "Planejamento de Recursos da Corporação". Esse termo tem sido cunhado como o estágio mais avançado dos sistemas tradicionalmente chamados MRP II. Como comentado em capítulos anteriores, MRP II significa *Manufacturing Resource Planning*, ou "Planejamento de Recursos de Manufatura". É basicamente composto de módulos que atendem a necessidades de informação para apoio à tomada de decisão de setores outros que não apenas aqueles ligados à manufatura: distribuição física, custos, recebimento fiscal, faturamento, recursos humanos, finanças, contabilidade, entre outros, todos integrados entre si e com os módulos de manufatura, a partir de uma base de dados única e não redundante (CORRÊA;GIANESI;CAON,2001 , p. 392).

2.2 IDENTIFICAÇÃO POR RADIO FREQUÊNCIA (RFID)

Neste capítulo será abordado o funcionamento de um sistema de *Radio Frequency Identification* (RFID) pois o protótipo pretende utilizar esta tecnologia para rastrear a produção.

RFID é uma sigla para *Radio Frequency Identification,* Identificação por radiofrequência. Um sistema RFID é composto normalmente por dois componentes: a tag e um leitor. O sistema utiliza a comunicação por radiofrequência para transmitir dados de um dispositivo móvel como uma tag também conhecidas como etiquetas ou identificadores para um leitor. Esta é uma tecnologia de utilização muito vasta, sendo possível aplicá-la desde o setor de bibliotecas e veterinária, em um contêiner ou em uma lata de refrigerantes, conforme pode-se ver na ilustração 1 o funcionamento de um sistema RFID (SANTINI, 2008).

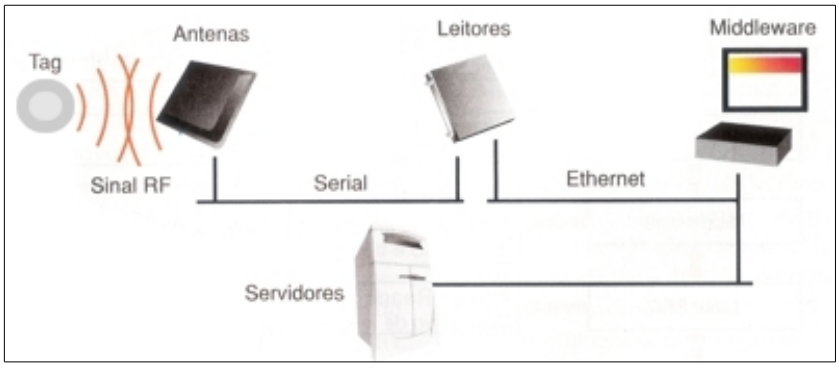

Ilustração 1: Sistema RFID
Fonte: (VIVA SEM FIO,2011)

2.2.1 História

Embora a história do RFID remonte aos anos 1930, as raízes se originam em 1987, quando Guglielmo Marconi inventou o rádio. O mesmo princípio da física que é usado nas transmissões de rádio são aplicados ao RFID, onde uma forma de energia eletromagnética transmitem e recebem vários tipos de dados (BHUPTANI; MARADPOUR, 2005).

Boa parte do avanço se deu devido à *Sir* Robert Alexaner Watson-Watt, físico escocês que em 1935 foi grande responsável pelo aprimoramento do sistema de detecção e telemetria por rádio, conhecido como RADAR (*RAdio Detection And Ranging)*. Sistema este baseado na reflexão de ondas eletromagnéticas de objetos distantes que permitem sua localização (SANTINI, 2008).

Nos anos 1930, o exército e a marinha do Estados Unidos da América enfrentavam o desafio de identificar adequadamente alvos no solo, no mar e no ar. Em 1937 foi desenvolvido o sistema *Identification Friend-or-Foe* (IFF) que era um sistema de identificação de amigo ou inimigo, este foi o precursor dos sistemas de RFID como são conhecidos atualmente (BHUPTANI; MARADPOUR, 2005).

Entre 1999 e 2003, foi criado o Auto-ID Center, que cresceu e ganhou apoio de mais de 100 companhias além do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. A pesquisa do Auto-ID Center mudou a essência do RFID de um pequeno banco de dados para um número de série, o que baixou drasticamente os custos e transformou o RFID em uma tecnologia de rede, ligando objetos à internet através de tags. Na mesma época foram abertos laboratórios em vários outros países, sendo que com isso foi desenvolvido o *Eletronic Product Code* (EPC), o código eletrônico do produto. Em 2003 o Auto-ID Center fechou e suas responsabilidades foram passadas para os Auto-ID Labs (SANTINI, 2008).

2.2.2 Vantagens do uso de identificação por rádio frequência (RFID)

É possível verificar conforme citação abaixo que as vantagens em relação aos sistemas atuais de registro de bens físicos são inúmeras:

> Tecnologias RFID oferecem benefícios práticos para quase qualquer pessoa que precise registrar bens físicos. Os fabricantes melhoram o planejamento da cadeia de fornecimento e execução incorporando tecnologias RFID. Os varejistas usam RFID para controlar roubo, aumentar a eficiência nas suas cadeias de fornecimento e melhorar o planejamento da demanda. Fabricantes farmacêuticos usam sistemas RFID para combater o comércio de remédios falsificados e reduzir erros no preenchimento de receitas. Oficinas registram suas ferramentas com RFID para evitar a colocação de ferramentas em lugares errados e para registrar quais ferramentas executam qual trabalhos. Smart Cards (cartões inteligentes) com suporte a RFID ajudam a controlar o acesso do perímetro dos prédios e, nos últimos anos, devido, em grande parte a autorizações Wal-Mart e DoD, muitas cadeias importantes de varejo e fabricantes de bens de consumo começaram a testar a identificação de contêineres e caixas para melhorar o gerenciamento da remessa aos clientes. (GLOVER; BHATT,2007, p. 2).

Também é possível verificar as vantagens em relação ao uso do código de barras na citação abaixo:

> O Código de barras provavelmente seja o identificador legível por computador mais familiar, mas a luz usada para varrer um laser sobre um código de barras impõe uma certa limitação. Mais importante, ela requer uma “linha de visão” direta, de forma que o item tem que estar bem de frente e na direção correta, sem algo bloqueando o feixe entre o laser e a barra de código. A maior parte das outras formas de ID, como

> tarjas magnéticas em cartões de crédito, também devem se alinhar corretamente com o leitor do cartão ou ser inseridas de alguma forma específica. Se você estiver registrando caixas em uma esteira ou crianças em um passeio de esquis, alinhas as coisas demanda tempo, a Biometria pode ajudar a identificar pessoas, porém o reconhecimento ótico e de impressões digitais requerem alinhamento cuidadoso, semelhante ao das tajas magnéticas, Exames de capilaridade facial exigem que você esteja pelo menos de frente para a câmera e até mesmo o reconhecimento de voz funciona melhor se você não estiver falando sua senha de costas. Identificadores RFID fornecem um mecanismo para identificar um item à distância, com muito menos sensibilidade à orientação do item e do leitor. Um leitor pode "enxergar" através do item até o identificador mesmo se este estiver de costas para ele(GLOVER; BHATT,2007, p. 3).

2.2.3 TAGS

O Propósito de uma tag RFID é anexar fisicamente dados sobre um objeto (item) a esse item. Todos as tags possuem duas capacidades básicas, a primeira é a de pode ser anexada a um item de alguma forma e a segunda é a de transmitir as informações nela contida por alguma frequência de rádio, alguns exemplos de tags podem ser observados na ilustração 2.(GLOVER; BHATT,2007).

Ilustração 2: As tags vêm em muitas formas e tamanhos
Fonte: (GLOVER; BHATT,2007 página 51)

Existem também capacidades especificas de algumas tags, como por exemplo: Algumas podem ser desativadas permanentemente através de comando especifico enviado pelo leitor; Outras podem ser gravadas apenas uma vez; Podem ter seus dados gravadas e regravados; Algumas possuem mecanismos anti-colisão, quando um leitor tentar ler várias tags simultaneamente pode haver dificuldade em saber onde termina a informação de uma e

começa a de outra, com o mecanismo anti-colisão a tag sabe quando é a sua vez de responder; E outras possuem opção de criptografia, respondendo apenas a pedidos feitos por um leitor que se identifique com a senha correta. (GLOVER; BHATT,2007).

Outro fator determinante para as tags é a fonte de energia, sendo classificadas como: Passivas, são tags que obtém toda a sua energia por algum método de transmissão a partir do leitor e possuem uma distancia menor de leitura; Ativas, são tags que possuem uma bateria na placa para fornecer energia as comunicações, um processador, memória e possivelmente sensores, e como pode-se esperar são os tipos mais caros, possuem uma distancia maior de leitura; Semi-passivas são tags passivas com baterias, sendo que possuem uma distancia maior de leitura que as tags passivas, pois utilizam toda a energia do leitor para a transmissão (GLOVER; BHATT,2007).

2.2.4 Leitor

O Leitor, também conhecido como interrogador, é um dispositivo que captura e processa os dados da tag, (veja ilustração 3). Alguns leitores possuem ainda a capacidade de gravar os dados em uma etiqueta. Ele ainda é responsável pela interface com o computador (BHUPTANI; MARADPOUR, 2005).

Ilustração 3: Leitor manual RFID
Fonte:MECALUX logismarket (2011)

2.3 ARDUINO

Arduino é uma plataforma open-source de prototipagem eletrônica baseada na flexibilidade, seu hardware e software são fáceis de usar. É destinado a artistas, designers, hobbystas, e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. (ARDUINO.CC,2012,tradução nossa)

Arduino pode interagir com o ambiente através de entradas vindas de uma variedade de sensores e pode controlar luzes,motores e outros atuadores. O Microcontrolador na placa é programável usando a linguagem de programação Arduino (baseado em wiring) e a IDE do Arduino é baseada em *processing.* O Projeto pode rodar em modo *stand-alone* ou pode se comunicar com um software rodando em um computador como por exemplo Flash, Processing, MaxMSP.(ARDUINO.CC,2012,tradução nossa)

As placas podem ser construídas a mão ou compradas pré-montadas, o software pode ser baixado gratuitamente. Os desenho das placas (arquivos CAD) estão disponíveis sob licença open-source, você é livre para adaptar a suas necessidades. (ARDUINO.CC,2012,tradução nossa)

É possível entender de uma forma mais simples o que é o arduino baseado na definição abaixo:

> O Arduino é uma placa de controle I/O baseada no microcontrolador Atmega (Atmel), que serve de controle para diversos outros sistemas, porém o diferencial desta placa é que ela é desenvolvida e aperfeiçoada por uma comunidade que divulga as suas placas e seus códigos de aplicação, pois a concepção da placa é open-source. (SABER ELETRÔNICA,2012).

> Esta placa foi projetada com finalidades educativas com o intuito de ajudar os designers e artistas a criarem obras interativas sem terem muitos conhecimentos de eletrônica, mas pelo fato de ter o seu esquema e software de programação open-source, ela acabou chamando a atenção dos técnicos de eletrônica, que começaram a aperfeiçoá-la e a criar aplicações mais complexas. A idéia básica de uso é instroduzir sensores ou chaves nos conectores de entrada, e LEDs, displays, relés, motores e outros dispositivos que possam ser acionados pelos sinais de saída. Depois, é só programar o micro controlador utilizando o software open-source desenvolvido pela equipe do Arduino e fazer os testes. (SABER ELETRÔNICA,2012).

Para o desenvolvimento do software a ser instalado na placa arduino, deve-se utilizar a IDE(Integrated development environment/Ambiente de desenvolvimento integrado) do arduino conforme ilustração 4. A Linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento é C/C++, sendo que o compilador avr-g++ é utilizado para compilar o código e gerar o binário executável a ser instalado no microcontrolador (ARDUINO.CC,2012,tradução nossa).

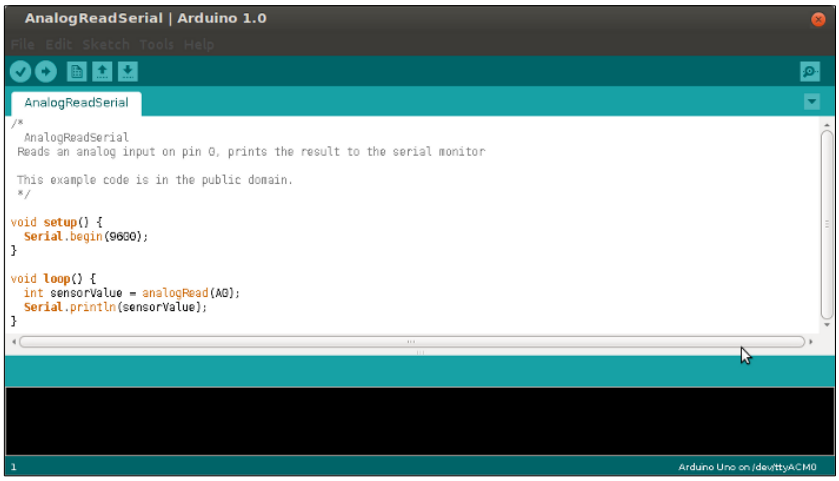

Ilustração 4: IDE ARDUINO

2.4 ELETRÔNICA

Para o desenvolvimento do trabalho, foi necessário o aprendizado e a utilização de itens e ferramentas relacionadas a eletrônica, dentre eles os principais são:

> Protoboard é um termo vindo do inglês muito utilizado na nomeação de uma Matriz de Contatos, o que nada mais é do que uma placa com milhares de furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais. Nestes furos são encaixados os componentes de forma que, torna-se possível montar o circuito desejado, pois as conexões internas do protoboard realiza a interligação elétrica dos componentes inseridos na placa.(LOPES,2012).

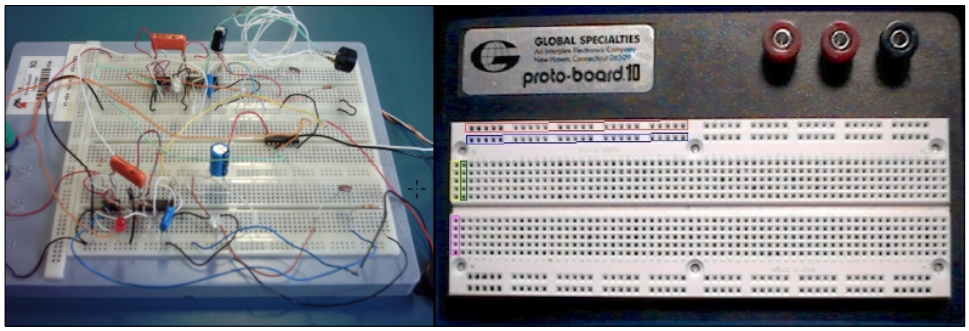

Ilustração 5: Exemplos de montagens de circuitos em um protoboard (à esquerda); Foto de um protoboard (à direita).
Fonte: (LOPES,2012)

Multímetro digital, A realização de medições de correntes, tensões ou resistências, é de suma importância em atividades realizadas em laboratório ou em atividades envolvendo hardware, quando se deseja medir a variação de alguma corrente, tensão ou resistência. Geralmente, para possibilitar essas medições através de apenas um aparelho, recorre-se à utilização do multímetro digital.(LOPES,2012).

Ilustração 6: Multímetro digital.
Fonte: (LOPES,2012)

3 CAMPO OU ÁREA DE ESTUDO

A Verona Móveis é uma industria de móveis de alta decoração fundada em 1º de junho de 1997 na cidade de Chapecó SC onde permanece instalada até hoje.

Atualmente conta com 5.000 m^2 de parque fabril e 90 funcionários.

Trabalha com uma linha seriada de móveis com predominância em madeira, abaixo na ilustração 7 alguns modelos de móveis produzidos pela empresa:

Ilustração 7: Cadeira 1.090, Poltrona 448 e Puff 5.300
Fonte: VERONA MÓVEIS(2011)

Seu principal mercado consumidor são clientes logistas situados nas regiões de São Paulo e Rio de Janeiro.

Atualmente a empresa conta com um ERP desenvolvido especificamente para a mesma conhecido como FBA build verona desenvolvido pela FBA Sistemas, sendo que o mesmo se encarrega de efetuar todos os controles operacionais pertinentes a um ERP tendo como diferencial justamente o quesito controle de produção.

Para melhor compreensão do sistema de produção da empresa será citado como exemplo um pedido feito por um cliente qualquer, onde o mesmo através do catálogo seleciona um determinado produto, porém, ao escolher o produto o cliente efetua também a escolha da cor do móvel e também o tecido que será utilizado, no caso de poltronas e cadeiras, além de variações especificas de alguns produtos, como tipo de palha a ser utilizada ou lamina de madeira que irá revestir o produto, no caso de alguns balcões.

Após o pedido chegar a empresa, o departamento comercial e de PCP se encarregam de cadastrar e colocá-lo em produção, neste momento são impressas etiquetas com códigos de barras identificando unicamente cada produto na produção conforme ilustração 8.

Ilustração 8: Quadro com cartão identidade das peças

Através de terminais Linux Terminal Server Poject (LTSP)[1] com leitores de código de barras conforme ilustração 9 é registrada a passagem do produto em cada setor, sendo que dessa forma é possível medir a produtividade de cada setor, eventuais gargalos que venham a surgir e acompanhar eventuais anomalias no andamento da produção de forma imediata conforme exibido na ilustração 10 da tela do sistema, onde cada lote de pedidos é acompanhado, e a demonstração gráfica facilita a visualização dos lotes que não estão atingindo as metas propostas de andamento.

[1] Linux Terminal Server Project (LTSP) é um projeto baseado em Linux que agrupa várias ferramentas e protocolos, com a finalidade de proporcionar um ambiente de trabalho remoto

Ilustração 9: Terminal Linux Terminal Server Poject (LTSP).

C:234 POSICÃO DE PEDIDOS SINTÉTICO

	PCP	USI	INX	RET	ETQ	MTG	CON	LIX
1 - 13/06/2008 - QUADRO UM	92,52	66,74	5,75	11,64	7,69	7,69	7,69	7,48
3 - 09/06/2008 - ESTOQUE OSSO	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	42,86
649 - 16/03/2011 - QUADRO 649	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
650 - 17/03/2011 - QUADRO 650	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
651 - 18/03/2011 - QUADRO 651	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
652 - 21/03/2011 - QUADRO 652	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
653 - 22/03/2011 - QUADRO 653	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
654 - 23/03/2011 - QUADRO 654	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
655 - 24/03/2011 - QUADRO 655	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	68,42
656 - 25/03/2011 - QUADRO 656	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
657 - 28/03/2011 - QUADRO 657	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
658 - 29/03/2011 - QUADRO 658	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
659 - 30/03/2011 - QUADRO 659	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
660 - 31/03/2011 - QUADRO 660	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
661 - 05/04/2011 - QUADRO 661	100,00	100,00	44,44	100,00	100,00	100,00	92,31	23,08
662 - 06/04/2011 - QUADRO 662	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
663 - 07/04/2011 - QUADRO 663	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
664 - 08/04/2011 - QUADRO 664	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
665 - 11/04/2011 - QUADRO 665	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
666 - 12/04/2011 - QUADRO 666	100,00	100,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
667 - 15/04/2011 - QUADRO 667	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ilustração 10: Tela de status da produção

4 MÉTODOS

Foi realizado estudo na empresa, através do método de abordagem dedutiva com procedimento monográfico ou estudo de caso.

Para Marconi e Lakatos (2007) A maioria dos especialistas faz uma distinção entre os vários métodos, por se situarem em níveis claramente distintos, no que se refere à inspiração filosófica de cada um, ao seu grau de abstração, à sua finalidade mais ou menos aprofundada, à sua ação nas etapas mais ou menos concretas da investigação e ao momento em que se situam. Tendo isto como pressupostos pode caracterizá-los por uma abordagem mais ampla, em nível de abstração mais elevado englobando os seguintes métodos: Método indutivo; Dedutivo; Hipotético-dedutivo e dialético.

Em relação a métodos de procedimentos Marconi e Lakatos (2007) definem que constituem etapas mais concretas da investigação com finalidades mais restritas. Pressupõem uma atitude concreta em relação ao fenômeno, sendo que os principais são: Histórico; comparativo; monográfico ou estudo de caso, estatístico; tipológico; funcionalista; estruturalista e etnográfico.

A documentação foi obtida de forma direta através de entrevistas não-estruturadas conforme Marconi e Lakatos (2007) a obtenção direta intensiva pode ser feita através de entrevista que é uma conversação efetuada face a face, de maneira metódica e proporciona ao entrevistador verbalmente a informação necessária, podendo ser: Padronizada ou estruturada; Despadronizada ou não estruturada e de painel.

A Revisão da bibliografia foi feita com pesquisa bibliográfica em livros e publicações avulsas. Conforme Marconi e Lakatos (2007), nenhuma pesquisa hoje parte da estaca zero, a procura de fontes, documentais ou bibliográficas, torna-se imprescindível para a não duplicação de esforços, e não “descoberta” de ideias já expressas, a não inclusão de “lugares comuns” no trabalho.

Todos as pessoas chaves que possam contribuir para informar sobre o funcionamento do atual sistema e do sistema que será desenvolvido em forma de protótipo serão entrevistadas sendo que serão obtidas amostras não probabilísticas intencionais.

Os resultados foram analisados através do uso da técnica qualitativa com analise de conteúdo.

Os protótipos das duas aplicações desktop foram desenvolvidos em java[2] com banco de dados mysql[3], levando em consideração que java é uma linguagem que se adapta muito bem ao sistema de RFID e mysql é um banco de dados robusto para aplicações de pequeno e médio porte.

O protótipo da aplicação e hardware de RFID, foi desenvolvido na IDE do arduino, na linguagem de programação C/C++[4].

---

[2] Java é uma linguagem de programação e uma plataforma de computação lançada pela primeira vez pela Sun Microsystems em 1995.

[3] O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês Structured Query Language) como interface.

[4] O C++ é uma linguagem de programação multi-paradigma e de uso geral. A linguagem é considerada de médio nível, pois combina características de linguagens de alto e baixo níveis. Desde os anos 1990 é uma das linguagens comerciais mais populares, sendo bastante usada também na academia por seu grande desempenho e base de utilizadores.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

5.1 ENTREVISTAS COM FUNCIONÁRIOS DA EMPRESA-ALVO

Através de entrevistas realizadas na empresa foram obtidas informações mais precisas sobre os reais problemas encontrados na atual metodologia de controle de produção.

Em entrevista verbal realizada com o gerente de produção, percebeu-se que através de mudanças na estrutura de organização nas ordens da produção, alguns dos problemas relacionados inicialmente já foram amenizados. No modelo atual as ordens seguem um sistema rígido de sequenciamento, evitando desta forma grande parte dos problemas encontrados no desmembramento da ordem de produção. Notou-se que esta forma de gerenciamento proporciona bons resultados quando o fluxo de pedidos está abaixo da média, quando nos períodos de alta produção (período de final de ano geralmente) a sistemática atual se torna frágil e os problemas de controle da produção voltam à tona.

Em entrevista verbal realizada com o gerente do setor de pintura, pôde-se obter as informações de que as etiquetas que inicialmente deveriam andar anexas as peças, não estão sendo anexadas as mesmas, atualmente as etiquetas estão sendo agrupadas umas as outras, onde espera-se que determinados micro-lotes de produção permaneçam juntos.

Pôde-se verificar que no modelo atual os problemas do uso de código de barras e leitores fixos na passagem dos setores está se desvirtuando, devido aos problemas previstos no escopo deste trabalho.

No decorrer da avaliação do atual sistema de gerenciamento da produção da empresa e de acordo com o gerente de PCP em entrevista verbal realizada, entendeu-se que a empresa trabalha com produtos sob-encomenda com grandes variações no produto final, onde pode-se escolher entre diversas opões de cor no revestimento e tipo de tecido.

Devido a sistemática de comercialização dos produtos a empresa trabalha com duas programações da produção distintas, uma é feita para suprir o estoque de componentes denominada “programação da usinagem” e a outra é feita para atender aos pedidos dos clientes denominada “programação de pedidos”.

Na programação da usinagem não existe nenhum tipo de controle informatizado do status da produção, o PCP é informado somente quando o lote está pronto através da chegada dos componentes no estoque.

Na programação de pedidos o controle é feito através dos cartões com códigos de barras e terminais LTSP.

Em entrevista informal realizada com funcionário do setor de usinagem constatou-se que em momentos passados na empresa, uma tentativa de controle da produção da usinagem realizada através do uso de terminal LTSP e cartões com códigos de barras já havia sido implementada. Entretanto os resultados esperados não foram atingidos pois o método era muito burocrático, fato este que levou a gerência a abandonar tal forma de controle.

5.2 SOLUÇÃO PROPOSTA

A solução proposta consiste no uso de um coletor de dados móvel desenvolvido em arduino para fazer o apontamento e rastreamento da produção conforme demonstrado na ilustração 11.

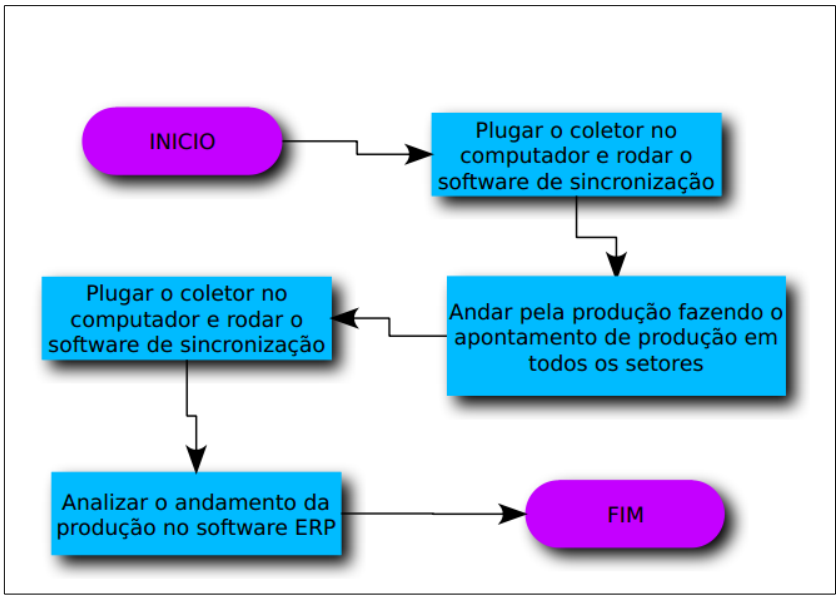

Ilustração 11: Fluxo de funcionamento do processo

Cada produto na produção possuirá uma tag RFID e quando a pessoa responsável por fazer o apontamento da produção fizer a leitura da tag o setor atual onde o produto se encontra será registrado no coletor e informações relacionadas a prioridade e descrição do produto serão mostradas no display do mesmo, dando subsídio para que o apontador de produção reordene os produtos, realinhando o andamento da produção.

Com a atualização dos dados no sistema ERP após a coleta dos mesmos, o relatório com status da produção pode ser consultado e eventuais anomalias da produção podem ser tratados pro-ativamente.

5.3 DEFINIÇÃO DO TIPO DE LEITOR RFID A SER UTILIZADO.

Inicialmente os estudos apontavam para o uso de um portal de RFID como demostrado na ilustração 12 em cada setor da empresa. Onde o funcionamento se daria da seguinte forma, o produto se deslocaria de um setor para o outro e na passagem do portal as informações coletadas alimentariam o sistema, identificando desta forma a posição de cada produto na produção.

Ilustração 12: Portal RFID
Fonte: Dipole (2012)

Entretanto esta implementação demonstrou-se inviável tanto para o desenvolvimento do protótipo devido ao custo do portal que seria algo em torno de R$ 9.500,00 (nove mil e quinhentos reais) bem como para a aplicação prática pois ela atenderia somente em parte aos

requisitos das atuais necessidades da empresa. Onde apenas identificar o item na produção não seria suficiente sendo necessário um sistema que ao mesmo tempo que se efetuasse a coleta dos dados exibisse as informações de prioridade de produção do item, sendo que o portal não atenderia este requisito e não justificaria o investimento que seria a aquisição de 6 portais para abranger todos os setores.(RFIDSUPPLYCHAIN,2012)

Seguindo nesta linha de pensamento definiu-se que o sistema que melhor resolveria o problema seria um leitor móvel e o uso de tags RFID de baixa frequência.

5.4 COLETOR DE DADOS DESENVOLVIDO EM ARDUINO

O uso do arduino para a montagem do coletor trouxe várias vantagens em relação a aquisição de um coletor de dados de fornecedor específico, dentre elas as principais foram a facilidade de adaptar o software e o hardware do coletor para se adequar as demandas da empresa e o baixo custo que ficou em R$ 274,00 de itens para a montagem do coletor e R$ 705,30 para os demais itens adquirido para a elaboração do protótipo.(SPARKFUN PRODUTO 11021,2012)

Para o desenvolvimento do protótipo do coletor de dados foi necessário o uso e integração de vários componentes, a placa arduino uno R3 demonstrada na ilustração 13 é o componente base de todo o projeto, nela está o chip onde fica armazenado o software e todos os componentes responsáveis pelo funcionamento do microcontrolador.

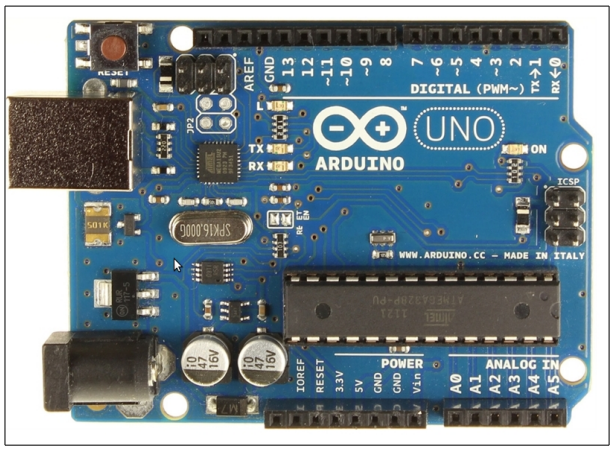

Ilustração 13: arduino uno R3
Fonte: (ARDUINO.CC,2012)

Acoplado a placa base do arduino foram inclusos os componentes que serão abordados de forma detalhada nos próximos tópicos:

- Display LCD
- Leitor RFID ID-12 125 kHz
- Placa RFID Reader Breakout
- Cartão RFID 125kHz
- Memória I2C EEPROM - 256kbit
- Buzzer 12mm 2.048kHz
- Botão 12mm
- Gabinete Arduino Project Enclosure
- Bateria e conector de bateria

5.4.1 Display LCD

Como forma de se implementar o leitor de RFID móvel usando arduino, uma parte fundamental no desenvolvimento do trabalho foi o conhecimento obtido com o 'hello word' em um display de lcd conforme ilustração 14 feitos em arduino.

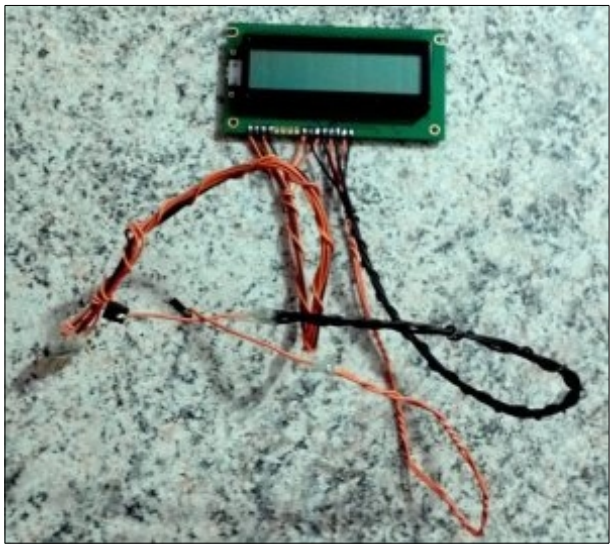

Ilustração 14: Display LCD

Seguindo o esquema demonstrado na ilustração 15, e como observado na ilustração 16 pôde-se obter os conhecimentos necessários em soldagem, uso de protoboard, e no quadro 1 o código fonte em C do desenvolvimento do software 'hello word' no arduino.

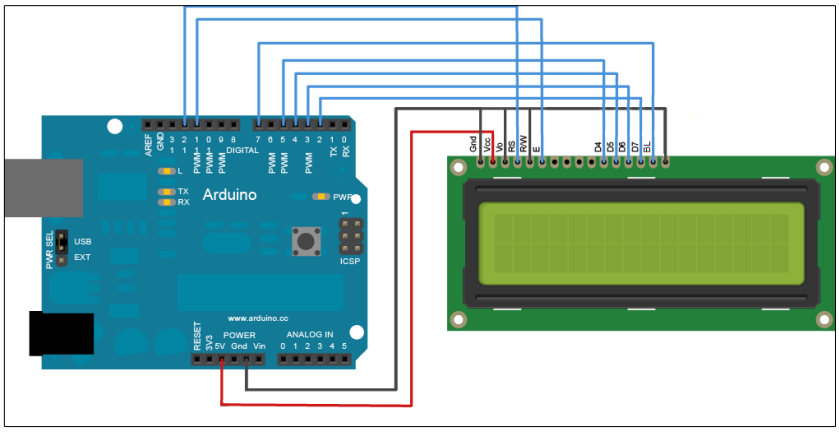

Ilustração 15: Esquema de conexão entre arduino e display lcd
Fonte:Arduino LiquidCrystal (2012)

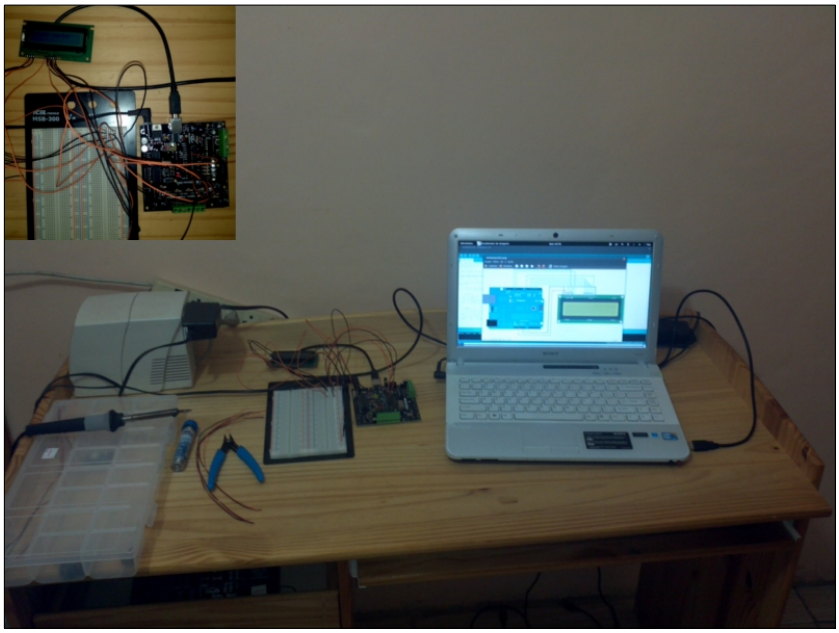

Ilustração 16: Ambiente de desenvolvimento do hardware

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("hello, world!");
}
void loop() {
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(millis()/1000);
}
```

Quadro 1: Exemplo de uso de display lcd no arduino
Fonte: Arduino LiquidCrystal (2012)

5.4.2 Leitor RFID ID-12 125 kHz,Placa RFID Reader Breakout e Cartão RFID 125kHz

O Leitor RFID com documentação disponível e compatível com arduino foi o fabricado pela ID INNOVATIONS conforme ilustração 17 e a placa conforme ilustração 18 foi utilizada para facilitar a soldagem dos fios ao leitor que trabalha da seguinte forma, ao interrogar uma tag, quando a mesma se encontra em sua área de leitura, os dados lidos são enviados através de comunicação serial conforme exemplo no quadro 3 e o código da tag é recebido no formato contido no quadro 2. (ID INNOVATIONS,2012; SPARKFUN PRODUTO 8419,2012; SPARKFUN PRODUTO 8628,2012)

Ilustração 17: Leitor RFID ID-12 125 kHz

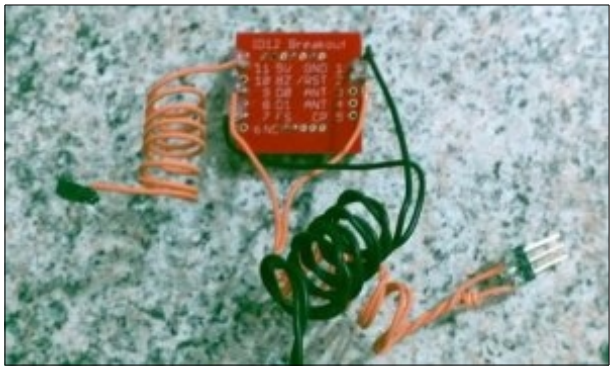
Ilustração 18: Placa RFID Reader Breakout

```
PRIMEIRA LINHA : POSIÇÃO DO BYTE
SEGUNDA LINHA  : INFORMAÇÃO RECEBIDA DO LEITOR RFID

1:    0|  1|  2|  3|  4|  5|  6|  7|  8|  9| 10| 11| 12|  13|  14|  15|
2: 0x02|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|TAG|0x13|0x10|0x03|
```
Quadro 2: Informação recebida do leitor RFID
Fonte: O Autor

```
...
void loop(){// função executada enquando o arduino está ligado
 char tagString[13];
  int index = 0;
  boolean reading = false;
 while(Serial.available()){ // enquanto tem dados para ler ...
   int readByte = Serial.read(); //read next available byte
   if(readByte == 2) reading = true; //begining of tag
    if(readByte == 3) reading = false; //end of tag
   if(reading && readByte != 2 && readByte != 10 && readByte != 13){
      //store the tag
      tagString[index] = readByte;
      index ++;
    }
  }
 checkTag(tagString); //Check if it is a match
  clearTag(tagString); //Clear the char of all value
  resetReader(); //eset the RFID reader
}
...
```

Quadro 3: Exemplo de aplicativo lendo dados do leitor RFID ID-12 ou ID-20
Fonte: (BILDR.ORG TUTORIAL RFID-ARDUINO,2012)

Grande parte das dúvidas em relação ao RFID se dá devido ao fato de identificar se o leitor fará a leitura de múltiplas tags ou não e sobre as distancias de leituras. Estas são informações vitais para o desenvolvimento de qualquer projeto utilizando RFID. Após estudar sobre o protocolo, os padrões, os tipos de etiquetas e interrogadores pôde-se perceber que após a padronização feita pela EPC Global, as tags e interrogadores caminham rumo a um padrão de fato, facilitando a escolha e tornando mais fácil tomar a decisão de qual frequência, qual tipo de etiqueta e qual tipo de interrogador utilizar.

Basicamente pôde-se verificar que as etiquetas passivas de baixa frequência tem curto alcance (menos de um metro), no caso dos dois leitores avaliados, o ID-12 que foi utilizado no protótipo e o ID-20, pôde-se perceber que o alcance fica em torno de 20 cm no máximo, e não se faz leitura de múltiplas tags, ou seja, caso duas tags sejam colocadas na área de leitura apenas uma, ou nenhuma é lida.

Já os coletores de alta frequência e ultra alta frequência, fazem a leitura de múltiplas tags e o alcance, dependendo do tipo de tag e do tipo de leitor, atinge 10 metros facilmente. O algorítimo de tratamento anti-colisão é feito no próprio leitor, os dados são enviados sequencialmente incluindo a lista de todas as tags encontradas na faixa de leitura. Múltiplas leituras devem ser feitas para que todas as tags sejam identificadas de forma satisfatória. (AKIAMA TECNOLOGIA,2012;ACURA TECHNOLOGIES,2012)

No quesito comunicação entre o coletor e o arduino, um ponto importante foi o uso da biblioteca Softserial.h inclusa na IDE do arduino. Os pinos digitais 0 e 1 são responsáveis pela

comunicação serial/usb entre o computador e o mesmo, caso as mesmas fossem utilizadas pelo leitor outra forma de comunicação deveria ser encontrada, ou toda vez que a comunicação com o computador fosse necessária o coletor teria de ser fisicamente desconectado do arduino, o que se tornaria inviável em termos de aplicação prática.

Com o uso da biblioteca Softserial.h qualquer porta digital pode ser usada e a mesma faz a comunicação serial com o dispositivo através do uso de software. Na ilustração 19 pôde-se perceber como ficou a conexão física entre o arduino e o leitor ID-12 (ARDUINO RFID,2012; FORMATLOS,2012)

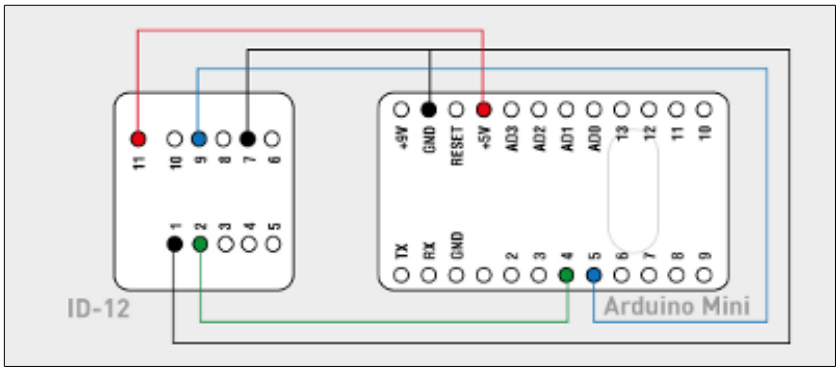

Ilustração 19: Esquema de ligação entre ID-12 e ARDUINO
Fonte:(FORMATLOS,2012)

Foram utilizados para o desenvolvimento do protótipo cartões RFID passivos de 125khz conforme ilustração 20. Para uso em produção, a sugestão é que seja utilizado chaveiros de RFID conforme ilustração 21 afixados as peças através do uso de fio de cobre contido no interior de cabo de rede cat5 (SPARKFUN PRODUTO 10169,2012)

Ilustração 20: Cartão RFID 125kHz

Ilustração 21: Chaveiro RFID 125khz
Fonte:PRLog Press Release Distribuition.(2012)

5.4.3 Memória I2C EEPROM - 256kbit

O uso da memória EEPROM conforme ilustração 22 foi um item de escolha bastante difícil, pois se por um lado o custo de uma memória EEPROM é 10 vezes inferior ao custo de um cartão microSD mais a placa para ligação com o arduino o espaço para armazenamento é de 32KB contra 1GB. (SPARKFUN PRODUTO 544,2012;SPARKFUN PRODUTO 8163,2012;SPARKFUN PRODUTO 525,2012)

Ilustração 22: Memória I2C EEPROM – 256kbits

Com 32 KB de memória, sendo que aproximadamente 1 KB é utilizado pelo sistema de arquivos e as tabelas de produtos e setores utilizam aproximadamente 4 KB, restam 27 KB

para as tags, cada uma utiliza 9 bytes (5 para identificação da tag, 1 para identificar a prioridade,1 para o setor e 2 para o produto) sendo possível armazenar aproximadamente 3.000 tags no coletor.

Para o uso da memória EEPROM foi desenvolvida uma biblioteca para o arduino chamada FBASFS, esta biblioteca é um sistema de arquivos desenvolvida em C/C++ para dispositivos de pequenas capacidades, como é o caso da EEPROM, e tem como objetivo facilitar o acesso de leitura/gravação a memória e prover rotinas para acessar um sistema de arquivos simples conforme exemplo demonstrado no quadro 4.

```
#include <EEPROM.h>
#include <Wire.h>
#include <Fbasfs.h>

Fbasfs FS(SDE256,0x50);

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  FS.begin();
}
void loop(){
  FS.open(1); // abre o arquivo 1, os arquivos podem ser de 1 a 250
  if(!FS.exists()){ // caso o arquivo não exista
    FS.create(); // cria o arquivo
  }
  while(FS.available()){ // enquanto tiver dados disponíveis para ler
    Serial.println(FS.read()); // faz a leitura e imprime na serial
  }

  FS.open(2); // abre o arquivo 2
  if(!FS.exists()){ // caso não exista cria
    FS.create();
  }
  FS.add("texto"); // adiciona conteúdo no fim do arquivo
}
```

Quadro 4: Exemplo de uso da biblioteca Fbasfs.h

5.4.4 Buzzer 12mm 2.048kHz

O Buzzer conforme ilustração 23 é um componente utilizado para emitir som, porém ele não apenas emite um único som fixo, mas pode-se através do uso de PWM(Pulse With Modulation) produzir notas musicais conforme exemplo no quadro 5, este recurso sonoro foi explorado, pois quando a leitura de uma determinada tag é feita, o coletor possui informação da prioridade deste item na produção, sendo as prioridades classificadas em baixa média e

alta. Através desta informação um pequeno arranjo de notas será emitido de acordo com cada prioridade, facilitando assim a classificação das peças por prioridade pela pessoa que fará o apontamento da produção, não sendo necessário a cada leitura observar o display (NERD, WHO?,2012;SPARKFUN PRODUTO 7950,2012)

Ilustração 23: Buzzer 12mm 2.048kHz

```
#include "pitches.h"
int melody[] = {
          NOTE_A5,     NOTE_G5,NOTE_F5,     NOTE_F5,     NOTE_D5,NOTE_D5,0,
NOTE_C5,NOTE_F5,NOTE_A5,NOTE_G5,0,
  NOTE_A5,NOTE_G5,NOTE_F5,NOTE_F5,NOTE_D5,NOTE_D5,0,NOTE_C5,NOTE_F5,NOTE_E5
,NOTE_G5,NOTE_F5,0,
  NOTE_C6,NOTE_D6,NOTE_C6,NOTE_C6,NOTE_A5,NOTE_C6,0,NOTE_C6,NOTE_D6,NOTE_C6
,NOTE_C6,NOTE_A5,NOTE_G5,0,
  NOTE_A5,NOTE_G5,NOTE_F5,NOTE_F5,NOTE_D5,NOTE_D5,0,NOTE_C5,NOTE_F5,NOTE_E5
,NOTE_G5,NOTE_F5};
int noteDurations[] = {
  12, 8, 4, 8,4,8,4,12,8,4,20,4,
  12,8,4,8,4,8,4,8,4,8,4,20,4,
  12,8,4,8,4,8,4,12,8,4,8,4,24,4,
  12,8,4,8,4,8,4,8,4,8,4,24
};
void setup() {
   for (int thisNote = 0; thisNote < (sizeof(noteDurations)/sizeof(int));
thisNote++) {
    int noteDuration = 50*noteDurations[thisNote];
    tone(4, melody[thisNote],noteDuration);
    int pauseBetweenNotes = noteDuration * 1.26;
    delay(pauseBetweenNotes);
    noTone(4);
  }
}
void loop() {
}
```

Quadro 5: Exemplo de reprodução no arduino da musica 187 da harpa crista(Mais perto, meu deus de ti!)

5.4.5 Botão 12mm

O Botão de tamanho maior do que o convencional conforme observado na ilustração 24 tem como objetivo facilitar o manejo. Através do botão que são selecionados os itens do menu.(SPARKFUN PRODUTO 9190,2012)

Para facilitar o manuseio do equipamento apenas um botão foi utilizado no projeto, sendo que via software foi implementada uma rotina que verifica o tempo de pressionamento do mesmo, através deste tempo que se determina qual ação deve ser efetuada, ou seja, um clique breve muda para a próxima opção disponível no menu e um clique longo acessa o item do menu selecionado conforme exemplo demonstrado no quadro 6.

Ilustração 24: Botão 12mm

```
#define BUTTONPin       3
void setup(){
  pinMode(BUTTONPin, INPUT);
}
int buttonState = 0;
int buttonTime = 0;
void loop(){
  buttonState = digitalRead(BUTTONPin);
  if (buttonState == HIGH) {
    buttonTime++;
  }
  else{
    if(buttonTime > 1000){
      //longo clique
      buttonTime = 0;
    }
    else if (buttonTime > 30){
      //curto clique
      buttonTime = 0;
    }
  }
}
```

Quadro 6: Exemplo de uso de botão com clique curto e clique longo

5.4.6 Gabinete Arduino Project Enclosure

Como se trata de um protótipo para ser usado em produção, foi necessário encontrar uma forma de conectar todos os componentes à placa base do arduino e encapsular todos os componentes em um coletor que pudesse ser transportado com facilidade, pois um protótipo funcional não poderia rodar em protoboard.

Para a conexão dos componentes com a placa do arduino, foi encontrada uma forma onde os componentes podem ser plugados e desplugados com certa facilidade, então através do uso de barra de pinos, jumpers e fios conforme ilustração 25 é que foram efetuadas as conexões.

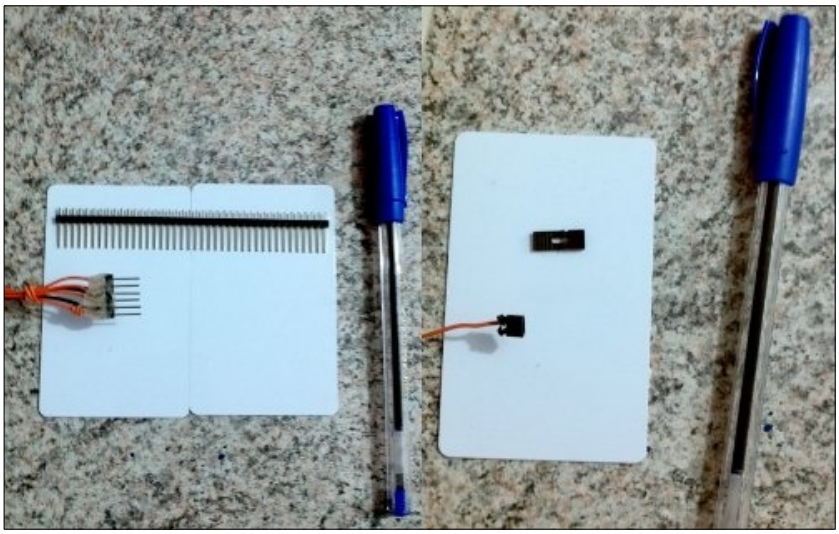

Ilustração 25: Barra de pinos, jumpers e fios

Para encapsular tudo em um coletor móvel a solução encontrada foi inspirada no projeto NCWP (Non-Crappy Wedding Present) onde em um gabinete para arduino todos os componentes foram acoplados conforme ilustração 26 (SPARKFUN PRODUTO 10088,2012;SPARKFUN TUTORIAL 204,2012)

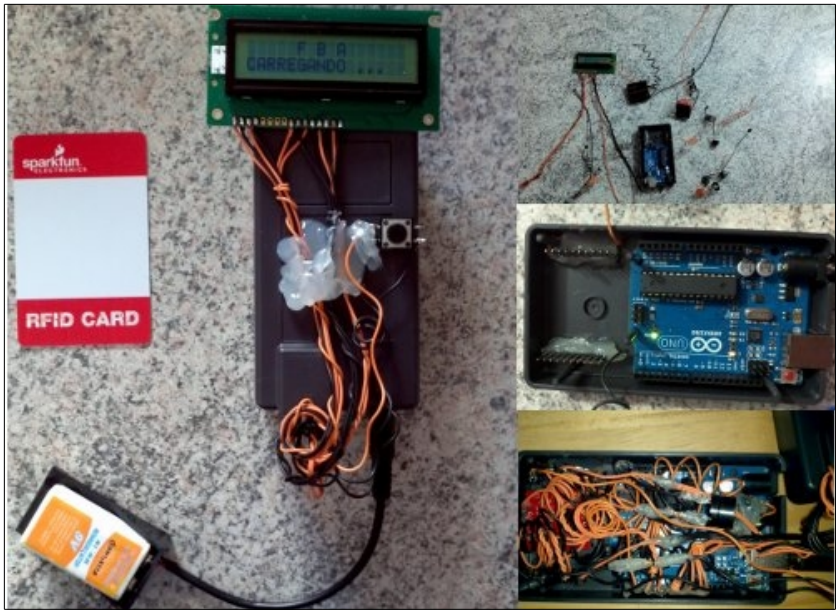

Ilustração 26: Projeto

5.4.7 Bateria e medição do consumo de energia

Quando se trabalha com dispositivos portáteis um dos grandes problemas encontrado está relacionado ao consumo de energia.

Inicialmente, no protótipo o consumo estava em 190mAh(miliampère por hora), após testes feitos com o multímetro, foi detectado que a iluminação do display LCD estava consumindo 100mAh ligado ao pino 5V do arduino. Então foi inserido um resistor de 50Ω(ohm) no display e o mesmo foi ligado em um pino digital do arduino, possibilitando desta forma a desativação do mesmo quando o dispositivo fosse colocado em modo de descanso. O resistor resolveu tanto o problema de consumo quanto o fato de se poder efetuar a ligação da iluminação em uma porta digital do arduino, pois as portas digitais do arduino podem fornecer no máximo 40mA, pode-se verificar na ilustração 27 que com a inclusão de modo de descanso o consumo de energia diminui em 50% com a desativação do leitor RFID e o display.

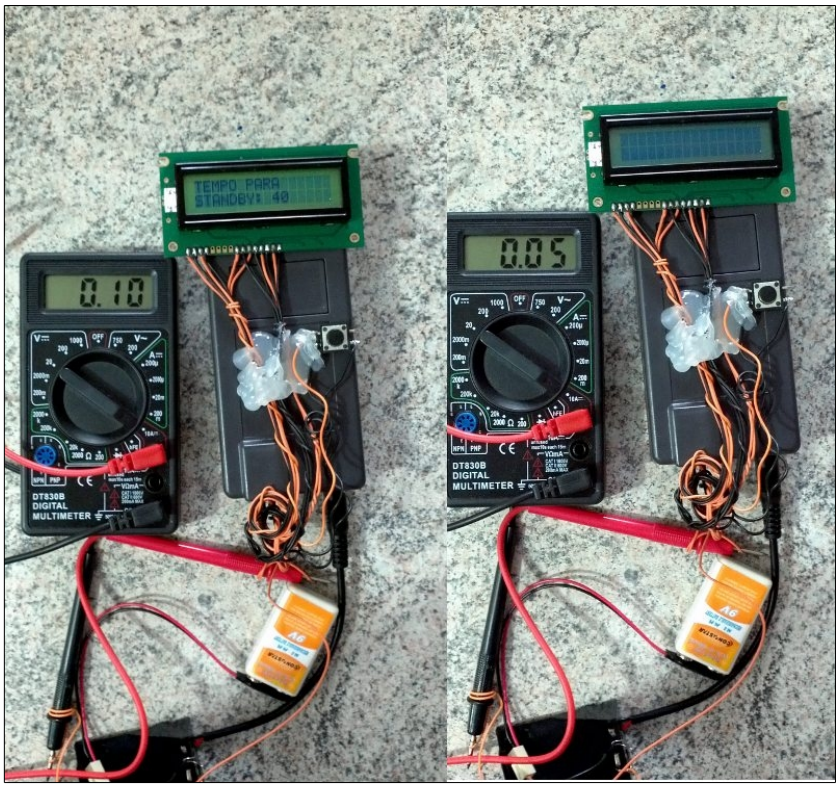

Ilustração 27: Medição de consumo de energia com multímetro digital

5.4.8 Software do coletor

Após todos os experimentos demonstrados nos tópicos anteriores, pôde ser feita a montagem do coletor e o desenvolvimento do software. Nos próximos parágrafos serão demonstradas as conexões dos componentes e as principais funções desenvolvidas.

Os componentes foram conectados ao arduino conforme esquema demonstrado na ilustração 28 e o esquema de cada componente está detalhado nos quadros 7, 8, 9, 10 e 11.

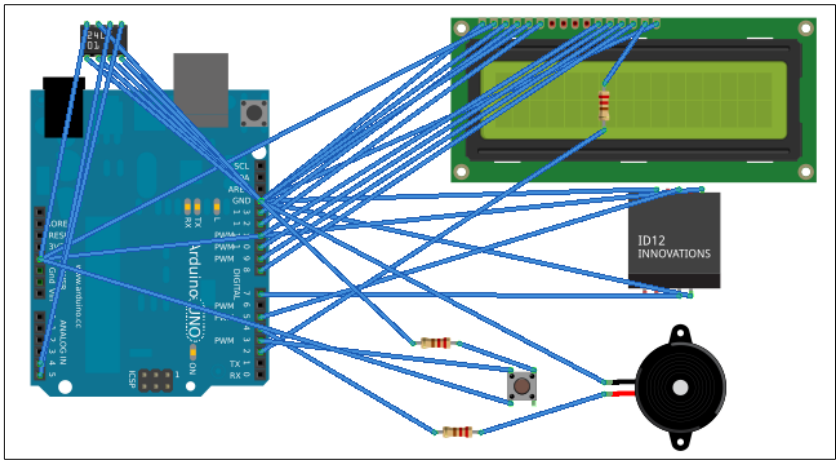

Ilustração 28: Esquema de ligação dos componentes ao arduino

```
RFID:
 --     - ARDUINO  D6 (TX NÃO USADO)
 1      - ARDUINO GND
 2      - ARDUINO  D7 (RST)
 7      - ARDUINO GND
 9      - ARDUINO  D5 (RX - USANDO SOFTSERIAL)
 11     - ARDUINO +5V
```

Quadro 7: Esquema de conexão do RFID

```
Display:
 DB7    - ARDUINO  D8
 DB6    - ARDUINO  D9
 DB5    - ARDUINO D10
 DB4    - ARDUINO D11
 E      - ARDUINO D12
 RS     - ARDUINO D13
 RW     - ARDUINO GND
 V0     - ARDUINO GND
 VSS    - ARDUINO GND
 VDD    - ARDUINO +5V
 15     - R + ARDUINO  D2 (LUZ DE FUNDO)(RESISTOR)
 16     - ARDUINO GND (LUZ DE FUNDO)
```

Quadro 8: Esquema de conexão do Display LCD

```
Memoria EEPRON I2C:
 1      - ARDUINO GND
 2      - ARDUINO GND
 3      - ARDUINO GND
 4      - ARDUINO GND
 5      - ARDUINO  A4
 6      - ARDUINO  A5
 7      - ARDUINO GND (PERMISSAO DE ESCRITA)
 8      - ARDUINO +5V
```

Quadro 9: Esquema de conexão da Memoria EEPRON I2C

```
Buzzer:
 +      - ARDUINO  D4 (RESISTOR)
 -      - ARDUINO GND
```

Quadro 10: Esquema de conexão do Buzzer

```
Botão:
 1      - ARDUINO  D3
 2      - ARDUINO GND
```

Quadro 11: Esquema de conexão do Botão

Nos parágrafos seguintes, serão abordados detalhes do código fonte do software do coletor, que está disponível para download no link http://www.fbasistemas.com.br/fba/2012/06/18/tcc/

Na função setup do arduino, que é chamada apenas uma vez quando o arduino inicia, foram incluídas todas as inicializações de valores padrões para variáveis e instanciação de componentes.

Para o tratamento de todos os eventos, foram criadas funções, cada uma delas é chamada sequencialmente na função loop do arduino que é um laço infinito que roda enquanto o arduino está em execução.

Na função tratarmode são feitos os tratamentos de modo de inatividade, onde uma variável é incrementada a cada 1ms(milissegundo). Quando a variável atinge o tempo determinado nas configurações de inatividade, a função activemode é chamada e o leitor RFID e display LCD são desligados.

Na função serialEvent, são tratados os eventos relacionados ao recebimento de informações da porta serial (USB do computador). Nela é implementada o protocolo de comunicação responsável por enviar os dados contidos na memória do coletor e receber as informações cadastradas no sistema.

Na função tratarrfid, é executada a tarefa responsável por fazer a leitura das tags RFID, fazer a inclusão e alterações de dados da tag na memória, exibir no display as informações referente a qual produto e prioridade a tag se refere e emitir o som no buzzer de acordo com a prioridade da tag.

As funções configCreate, configLoad e configSave são responsáveis pela manutenção das informações referente as configurações do coletor, como no caso a configuração de tempo para entrar em modo de economia de energia.

Na função melody é emitido o som no buzzer, baseado no tipo de valor recebido (1,2 ou 3) é emitido uma sequencia de notas com a função de denotar prioridade baixa, normal ou alta.

A Função tratarmenu é responsável pelo tratamento dos cliques do botão, clique longo acima de meio segundo de pressionamento e clique curto abaixo deste tempo. A função menuAction se encarrega de tratar a ação, determinando qual menu será exibido ou ação será executada.

5.5 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO E SOFTWARE DE SINCRONIZAÇÃO DOS DADOS.

O protocolo de comunicação é responsável pela sincronização dos dados entre o coletor e o software, na ilustração 29 é demonstrado o funcionamento do protocolo, que trabalha da seguinte forma:

- Computador envia comando de exclusão de arquivo 'A', nome do arquivo que pode ir de 001 a 250 '010' neste caso representa a lista de setores e o caractere de fim de comando ASCII 10 (nova linha) '\n'.
- Coletor responde com que o arquivo foi excluído 'A' e o fim de comando '\n'.
- Computador envia o comando de adição de conteúdo em arquivo 'B', a identificação do arquivo '010', o conteúdo a ser adicionado 'SETOR 0;' e o fim de comando '\n'.
- Coletor responde com que o conteúdo foi adicionado 'B' e o fim de comando '\n'.
- O processo de adição de conteúdo é repetido quantas vezes for necessário.
- Computador envia o comando de solicitação de arquivo 'C', a identificação do arquivo '010' e o fim de comando '\n'.
- Coletor responde com retorno de arquivo 'C', com o conteúdo do arquivo ' SETOR0;SETOR1;' e o fim de comando '\n'.

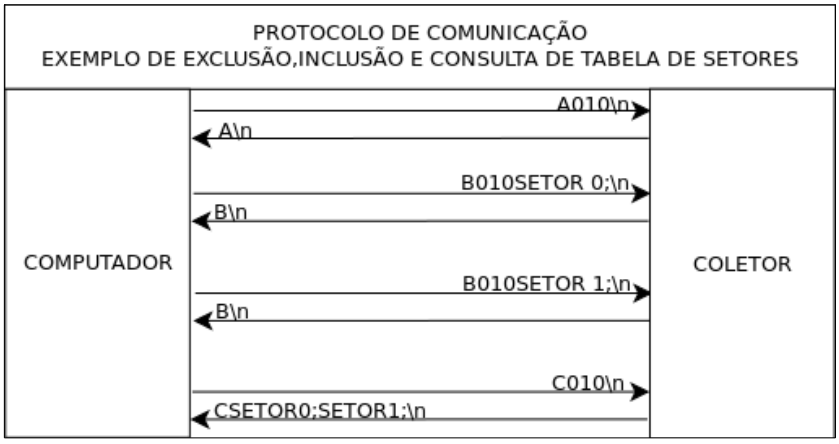

Ilustração 29: Funcionamento do protocolo de comunicação

Ao receber algum dado o coletor faz o processamento da solicitação e após o termino envia um retorno informando que a tarefa foi concluída. No software rodando no computador o envio de todas as requisições é feito de forma sequencial. Após enviar cada requisição um

retorno é aguardado e caso nenhum retorno seja recebido durante um determinado intervalo de tempo, o software gera um erro e aborta o processo.

O software de sincronização dos dados, entre o sistema e o coletor, foi desenvolvido em java, utilizando a biblioteca de comunicação serial RXTXComm, a mesma utilizada pelo arduino para comunicação serial.(RXTX,2012)

A interface é muito simples possuindo apenas um botão e uma barra de progresso. O software é responsável por buscar as informações das tags no coletor e alimentar o sistema com as informações do setor em que se encontra cada tag. Após é enviado para o coletor a lista de setores, lista das prioridades e é feita a atualização da informação relacionada a qual produto e qual a prioridade de cada tag, tendo em vista que as tags serão realocadas para controlar outro produto ao final do processo.

5.6 PROTÓTIPO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DE ERP

Devido ao fato do trabalho ter como objetivo analisar a viabilidade de mudar o sistema atual, foi desenvolvido um software básico com os itens mínimos necessários para reproduzir um ambiente de simulação de comportamento do software de ERP.

Este sistema foi desenvolvido em java e é uma aplicação web que conta com um menu básico que dá acesso aos cadastros e ao relatório de status da produção.

O Banco de dados utilizado foi o mysql e na ilustração 30 é demonstrado o modelo Entidade relacionamento (ER) do mesmo. O Banco é composto por uma entidade tag onde ficam armazenadas as informações relacionadas as tags, o cadastro das tags é feito através das informações recebidas pelo processo de integração onde novas tags são cadastradas e o campo do setor atual é atualizado baseado nas leituras feitas pelo coletor. Os campos prioridade e produto são determinados via sistema ERP e no momento da integração com o coletor estas informações são atualizadas. As entidades prioridade, setor e produto servem apenas para dar subsidio ao projeto e possuem apenas um campo chamado descrição.

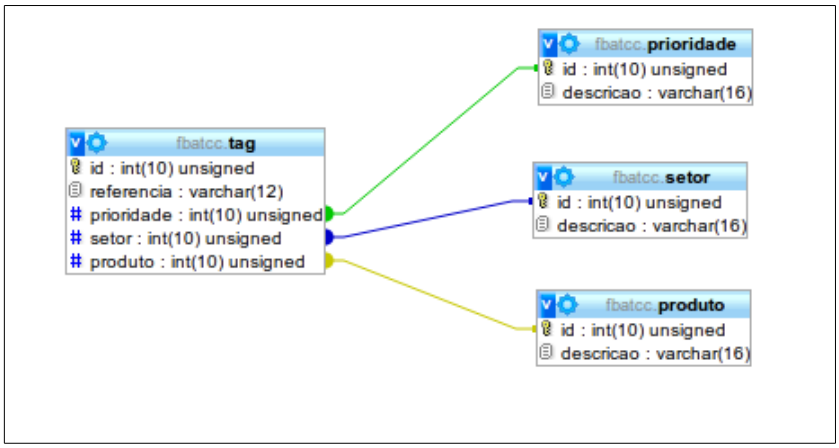

Ilustração 30: Modelo ER do banco de dados

Foi utilizada ferramenta de auto-criação de CRUD(Create, read, update and delete) inclusa no netbeans para a criação das telas de acesso aos cadastros de produto, setores, prioridades e tags. A tela de status da produção foi desenvolvida em jsp e tem como objetivo demonstrar em qual setor se encontra atualmente cada produto.

5.7 PROPOSTA PARA SUBSTITUIÇÃO DO PROCESSO ATUAL

O uso do RFID em substituição ao código de barras foi analisado quanto a suas vantagens e desvantagens. Como vantagens temos a maior facilidade na leitura e resistência a ambientes insalubres. Como desvantagem sempre é levado em consideração a questão do custo de implementação que é superior ao do uso de código de barras.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho pôde-se perceber que embora o valor da implementação do RFID seja superior ao custo de manter o atual sistema com códigos de barras, é viável fazer a migração e o custo compensa os benefícios trazidos, dentre eles estão:

- Maior precisão nas informações coletadas.
- Não será mais necessário remover a tag do produto ao passar pelo setor da pintura, tendo em vista que a mesma não sofre dos problemas encontrado no código de barras, e isto eliminará o problema de extravios de etiquetas.
- Não será mais necessário manter os terminais LTSP na produção, pois o trabalho de registrar e reorganizar o andamento da produção será feito por apenas uma pessoa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, algumas dificuldade foram encontradas e as principais delas foram: O uso dos tipos primitivos de dados em C/C++, tendo em vista que o autor do trabalho não desenvolve aplicações com frequência nessa linguagem de programação. A tributação de 100% sobre o valor dos produtos importados, sendo que o custo do desenvolvimento do trabalho passou dos R$ 1.000,00 (mil reais) em aquisição de equipamentos. O conhecimento limitado em eletrônica, que exigiu várias horas adicionais de estudo para possibilitar o desenvolvimento do coletor.

Como pontos positivos com o desenvolvimento do trabalho pode-se elencar alguns itens: O aumento no conhecimentos da linguagem C, seus tipos de dados e criação de biblioteca para arduino. O aumento no aprendizado em eletrônica, no uso de protoboard, multímetro, solda e componentes eletrônicos em geral. A aquisição de conhecimentos na tecnologia de RFID e a ampliação de horizontes em relação a desenvolvimento de sistemas, pois com o desenvolvimento de softwares para microcontroladores, um novo leque de opções para a criação de soluções se abre.

Os objetivos foram alcançados não exatamente da forma que se tinha elaborado inicialmente, pois no decorrer do desenvolvimento e com a aquisição de mais conhecimento sobre o assunto alguns aspectos foram alterados, como sendo o principal deles a escolha de um leitor móvel no lugar do portal de RFID.

Alguns aspectos poderiam ser desenvolvidos de forma diferente no projeto, sendo eles: A substituição da memória EEPROM pelo uso de cartão de memória microSD, tendo em vista que o custo não seria tão diferente, e o espaço de armazenamento disponível seria muito maior. O desenvolvimento de uma placa de circuito impresso, onde poderiam ser embutidos todos os componentes do coletor em uma única placa, tornando desta forma o coletor um produto final. Utilizar um display de matriz de pixel no lugar de display de exibição de 16 caracteres por 2 linhas, o que traria uma capacidade maior para exibição de informações em um espaço físico menor. Efetuar testes com leitores e tags RFID de alta e ultra alta frequência.

Os softwares desenvolvidos neste trabalho estão disponíveis em http://www.fbasistemas.com.br/fba/2012/06/18/tcc/

REFERÊNCIAS

ACURA TECHNOLOGIES. **Soluções e Produtos para Identificação por Rádio-Freqüência** Disponível em: <http://www.rfidsystems.com.br/>. Acesso em: 12 junho 2012.

AKIAMA TECNOLOGIA. **Akiama Corporation** Disponível em: <http://www.akiyama.com.br/>. Acesso em: 12 junho 2012.

ARDUINO LIQUIDCRYSTAL. **Examples > Libraries > LiquidCrystal** Disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal >. Acesso em: 15 maio 2012.

ARDUINO RFID. **Code for using the Arduino with the Parallax RFID reader** Disponível em: <http://arduino.cc/playground/Learning/PRFID >. Acesso em: 12 junho 2012.

ARDUINO.CC. **Arduino** Disponível em: <http://arduino.cc/>. Acesso em: 9 de junho 2012.

BILDR.ORG TUTORIAL RFID-ARDUINO. **Can You ID This? ID-20 RFID Reader + Arduino** Disponível em: <http://bildr.org/2011/02/rfid-arduino/>. Acesso em: 16 junho 2012.

BHUPTANI, Manish; MORADPOUR, Shahram. **RFID: implementando o sistema de identificação por radiofrequência.** São Paulo : IMAM, 2005.

CORRÊA, Henrique Luis;GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção.** 4. ed. São Paulo : Atlas, 2001.

CORRÊA, Henrique Luis; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações.** 2. ed. - 4. reimpr. São Paulo : Atlas, 2009.

DIPOLE. **HF and UHF RFID Readers, Interrogator, Antennas and their Portals** Disponível em: <http://www.dipolerfid.com/products/RFID_readers/Default.aspx >. Acesso em: 8 junho 2012.

Formatlos. **Arduino and the RFID reader ID-12** Disponível em: <http://blog.formatlos.de/2008/12/08/arduino-id-12/>. Acesso em: 12 junho 2012.

GLOVER, Bill; BHATT, Himanshu. **Fundamentos de RFID.** Rio de Janeiro : Alta Books, 2007.

HABERKORN, Ernesto Mário. **Teoria do ERP – Enterprise Resource Planning.** 2. ed. São Paulo : MAKRON Books, 1999.

ID Innovations. **ID Innovations** Disponível em: <http://www.id-innovations.com/>. Acesso em: 12 junho 2012.

LÜCKMANN, Luiz Carlos; ROVER, Ardinete; VARGAS,Marisa. **Diretrizes para elaboração de trabalhos científicos - Caderno 1 da série: Metodologia do trabalho científico.** 4. ed. rev. e atual. Joaçaba: Ed. Unoesc, 2010.

LOPES,Felipe Vigolvino. **ELETRÔNICA BÁSICA** Disponível em: <http://www.dee.ufcg.edu.br/~pet/downloads/eletronica.pdf>. Acesso em: 8 junho 2012.

MARCONI, Mariana de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico:** Procedimentos básicos, pesquisas bibliográficas, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**.** 7. ed. São Paulo : Atlas, 2007.

MECALUX LOGISMARKET. **Leitor UHF RFID** Disponível em: <http://www.logismarket.ind.br/psion-teklogix/leitor-uhf-rfid/1263878723-1179619242-p.html>. Acesso em: 31 maio 2011.

Nerd, who?. **Tocando som com o Arduino** Disponível em: <http://www.nerdwho.com/blog/42/tocando-som-com-o-arduino/ >. Acesso em: 13 junho 2012.

RFIDSUPPLYCHAIN. **BlueBean Ruggedized Dock Door RFID Portal (BBPORTAL-DOCK1)** Disponível em: <http://www.rfidsupplychain.com/-strse-15/*BlueBean-Ruggedized-Dock-Door/Detail.bok >. Acesso em: 8 junho 2012.

RXTX. **Welcome to the RXTX wiki** Disponível em: <http://rxtx.qbang.org/>. Acesso em: 16 junho 2012.

SABER ELETRÔNICA. **A onda do Arduino** Disponível em: <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1236 >. Acesso em: 8 junho 2012.

SANTINI, Arghur Gambin. **RFID: Conceito, Aplicabilidades e Impactos.** Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

SPARKFUN PRODUTO 525. **I2C EEPROM - 256kbit** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/525 >. Acesso em: 13 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 544. **Breakout Board for microSD Transflash** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/544>. Acesso em: 13 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 7950. **Buzzer - PC Mount 12mm 2.048kHz** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/7950 >. Acesso em: 13 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 8163. **Flash Memory - microSD 1GB** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/8163 >. Acesso em: 13 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 8419. **RFID Reader ID-12 (125 kHz)** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/8419>. Acesso em: 12 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 8628. **RFID Reader ID-20 (125 kHz)** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/8628>. Acesso em: 12 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 9190. **Momentary Push Button Switch - 12mm Square** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/9190 >. Acesso em: 16 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 10088. **Arduino Project Enclosure** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/10088>. Acesso em: 9 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 10169. **RFID Tag - 125kHz** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/10169>. Acesso em: 13 junho 2012.

SPARKFUN PRODUTO 11021. **Arduino Uno - R3** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/products/11021>. Acesso em: 13 junho 2012.

SPARKFUN TUTORIAL 204. **NCWP (Non-Crappy Wedding Present) Tutorial** Disponível em: <http://www.sparkfun.com/tutorials/204>. Acesso em: 14 junho 2012.

PRLog Press Release Distribuition. **125KHz RFID Key Fob,RFID Keychain and RFID Key Tags wholesale price 0.15USD / PCS** Disponível em: <http://www.prlog.org/10138502-125khz-rfid-key-fobrfid-keychain-and-rfid-key-tags-wholesale-price-015usd-pcs.html>. Acesso em: 13 junho 2012.

VERONA MÓVEIS. **VERONA MÓVEIS** Disponível em: <http://www.veronamoveis.com.br>. Acesso em: 31 maio 2011.

VIVA SEM FIO. **RFID O fluxo de informações** Disponível em: <http://www.vivasemfio.com/blog/category/1_tecnologias/r_z_tecnologias/rfid/>. Acesso em: 31 maio 2011.