

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**ENGENHARIA ELÉTRICA**

**SISTEMAS ELÉTRÔNICOS**

**FABIO CANALE PARIZOTO**

**ESPECIFICAÇÃO DE SONDA ROBÓTICA MÓVEL PARA COLETA DE  
AMOSTRAS DE SOLO PARA ANÁLISE QUÍMICA DE PARÂMETROS  
DE FERTILIDADE DE SOLO**

**CURITIBA  
2010**

**FABIO CANALE PARIZOTO**

**ESPECIFICAÇÃO DE SONDA ROBÓTICA MÓVEL PARA COLETA DE  
AMOSTRAS DE SOLO PARA ANÁLISE QUÍMICA DE PARÂMETROS  
DE FERTILIDADE DE SOLO**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO  
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE, NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PARANÁ.

Orientador: Prof. Titular José Manuel Fernandes, Ph.D.

**CURITIBA**

**2010**

**FABIO CANALE PARIZOTO**

**ESPECIFICAÇÃO DE SONDA ROBÓTICA MÓVEL PARA COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO PARA ANÁLISE QUÍMICA DE PARÂMETROS DE FERTILIDADE DE SOLO**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE, NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Titular José Manuel Fernandes, Ph.D.  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Gideon Villlar Leandro  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Gustavo Henrique da Costa Oliveira  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Eduardo Rocha Loures  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Curitiba 27, de Agosto de 2010

## FICHA CATALOGRÁFICA

Parizoto, Fábio Canale

Especificação de sonda robótica móvel para coleta de amostras de solo para análise química de parâmetros de fertilidade de solo / Fábio Canale Parizoto. – Curitiba, 2010.

88.f.: il., tabs, grafs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: José Manuel Fernandes.

1. Solos – Fertilidade. 2. Solos – Análise. 3. Sondas – Instrumentos eletrônicos. 4. Robôs. I. Fernandes, José Manuel. II. Título.

CDD 631.422

“Os caminhos para o poder humano e para o conhecimento humano correm lado a lado e são quase os mesmos; não obstante, por conta do inveterado e pernicioso hábito de insistir nas abstrações, é mais seguro começar a desenvolver as ciências dos fundamentos que têm relação com a prática e deixar a parte ativa ser como o selo que se imprime e determina a contrapartida contemplativa.”

Francis Bacon

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família, por todo apoio dado durante os momentos de estudos.

Aos meus colegas de turma, pela ajuda e pelas horas de estudos realizadas juntos.

Agradeço também o meu orientador, por todo auxílio e por não deixar desistir e poder chegar até o final desse trabalho.

## RESUMO

O objetivo dessa dissertação é tornar viável a construção de uma sonda protótipo para realizar a coleta de amostras de solo. Atualmente a análise do solo é realizada de forma manual e com aproximadamente 16 amostras por hectare. A idéia da sonda é realizar a coleta das amostras do solo e armazená-las para que possam ser analisadas posteriormente. A sonda irá fornecer resultados mais precisos que a coleta manual, visto que a coleta manual pode interferir e gerar distorções no resultado. Além disso, a quantidade de amostras realizadas pode ser maior, até 600 amostras por hectare, tornando assim o mapa de fertilidade do solo mais confiável e mais detalhado.

O projeto consiste em associar técnicas com custo para tornar viável a construção da sonda e tornar o produto uma opção para os agricultores brasileiros. Apesar de ser somente um protótipo, duas grandes áreas do conhecimento humano estão envolvidas. A área de engenharia e agronomia. Dentro da área de engenharia, os conhecimentos de mecânica e elétrica serão associados para tornar as atividades da sonda possíveis. As soluções propostas buscam tornar a sonda realidade. Desse modo várias técnicas são utilizadas, desde as mais recentes quanto as mais tradicionais. Pela complexidade das atividades envolvidas, as tarefas foram divididas em grupos e propostas algumas soluções para as tarefas serem desenvolvidas. Cada grupo de atividade irá tornar-se um estudo dedicado para projetar e construir cada parte da sonda robótica. Após todas as etapas realizadas, a construção e testes da sonda poderão se tornar realidade.

As propostas sugeridas para cada atividade foram tiradas de pesquisas bibliográficas referentes a cada assunto e também da experiência do autor na área de automação. As possibilidades são diversas e grupos de estudos mais específicos poderão tornar a solução técnica mais eficiente e mais econômica.

Palavras-chave: Sonda robótica, robô, análise de solo

## **ABSTRACT**

The objective of this dissertation is to develop a project to make it feasible to build a prototype for a probe to collect the soil samples. Currently, soil analysis is performed manually and with approximately 16 samples per hectare. The idea is to make the probe to collect soil samples and store them so they can be analyzed later. The probe will provide more accurate results than manual collection, since the manual collection can interfere and distort the result. Moreover, the number of samples taken may be greater, up to 600 samples per hectare, thus making the map of soil fertility more reliable and more detailed.

The project brings together the technique will be cost and time to make viable the construction of the probe. Despite being only a prototype, three major areas of human knowledge are involved. The area of engineering, agronomy and chemistry. Within the engineering knowledge of mechanical and electrical will be involved to make the activities of the probe potential. Many of the solutions proposed in this work are currently the most developed, but as mentioned above, help make the construction of the probe reality. The complexity of the activities involved, the tasks were divided into groups and proposed some solutions to the tasks being undertaken. Each activity group will become a study dedicated to design and build every part of the robotic probe. After all of your steps, the construction and testing of the probe can become reality.

The proposals suggested for each activity were taken from literature searches for each subject and also the author's experience in the field of automation. Chances are various groups and more specific studies may make the technical solution more efficient and more economical.

Keywords: Probe robotics, robot, soil analysis

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Penetrógrafo em trator .....	19
Figura 2: Sonda para Monitoramento de Rebanho .....	20
Figura 3: Campo Preparado.....	21
Figura 4: Robô Viking .....	23
Figura 5: Robô Aranha .....	24
Figura 6: Robô GOFOR .....	25
Figura 7: Técnica de Perfuração de Solo .....	30
Figura 8: Motores .....	35
Figura 9: Caixa de Redução.....	36
Figura 10: Circuito Variador de Velocidade .....	37
Figura 11: Controle Remoto .....	39
Figura 12: Sinais do Receptor.....	39
Figura 13: Sinais do transmissor .....	40
Figura 14: Transmissores de sinais .....	41
Figura 15: Câmeras .....	42
Figura 16: Baterias.....	43
Figura 17: Bloco de Eventos dos Grupos .....	44
Figura 18: Roda para o projeto .....	46
Figura 19: Configuração com três rodas .....	48
Figura 20: Configuração com quatro rodas .....	49
Figura 21: Painel solar.....	50
Figura 22: Sistema de energia da sonda .....	51
Figura 23: layout sonda.....	53
Figura 24: Disposição dos sensores de ambiente.....	55
Figura 25: GPS .....	57
Figura 26: Sinais recebidos pela sonda .....	59
Figura 27: Sinais transmitidos pela sonda .....	59
Figura 28: Sistema de perfuração .....	61
Figura 29: Tubo de Eppendorf .....	63
Figura 30: Esquema de comando .....	66

Quadro 1: Custo de Processo .....	30
Quadro 2: Sinais de Entrada do CLP .....	68
Quadro 3: Sinais de saída do CLP.....	69
Quadro 4: Custo do sistema de locomoção.....	71
Quadro 5: Custo do sistema de energia.....	72
Quadro 6: Custo da estrutura da sonda.....	72
Quadro 7: Custo de análise do ambiente de navegação .....	73
Quadro 8: Custo do sistema de localização .....	74
Quadro 9: Custo do sistema de envio de informações.....	74
Quadro 10: Custo da coleta de material para análise.....	75
Quadro 11: Custo de armazenamento das amostras .....	75
Quadro 12: Custo de manipulação das amostras.....	76
Quadro 13: Custo do armazenamento das informações .....	77
Quadro 14: Custo de integração dos sistemas .....	78
Quadro 15: Custo do sistema de recebimento das tarefas.....	78
Quadro 16: Custo consolidado total.....	79
Quadro 17: Lista de Fornecedores.....	79

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 ORIGEM DO TRABALHO.....	17
1.4 ESTADO ATUAL DA ARTE .....	17
1.5 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO .....	20
1.6 HISTÓRICO DE SONDAS REMOTAS .....	21
1.7 METODOLOGIA .....	25
<b>2. VIABILIDADE ECONÔMICA NA AGRICULTURA .....</b>	<b>27</b>
<b>3 REQUISITOS E FUNCIONALIDADES.....</b>	<b>31</b>
3.1 PASSO A PASSO DO PROCESSO .....	31
<b>3.1.1 Programação .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.2 Movimentação .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.3 Coleta das Amostras.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.4 Armazenamento das Amostras.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.5 Distância entre Amostras .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.6 Transferência dos Dados .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.7 Radio Controle .....</b>	<b>34</b>
<b>4 MATERIAIS UTILIZADOS.....</b>	<b>34</b>
4.1 MOTORES ELÉTRICOS .....	34
4.2 CONTROLE REMOTO - RECEPTOR E TRANSMISSOR.....	37
4.3 TRANSMISSÕES DE ÁUDIO E VÍDEO.....	40
4.4 CÂMERA DE VÍDEO .....	41
4.5 BATERIAS .....	42
<b>5 SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA OS GRUPOS DE TRABALHOS .....</b>	<b>43</b>
5.1GRUPO UM: LOCOMOÇÃO, ENERGIA UTILIZADA E ESTRUTURA DA SONDA .....	44
<b>5.1.1 Locomoção .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1.1.1 Sistema de Esteira .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1.1.2 Sistema de Roda .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.1.4 Solução Adotada para Locomoção .....</b>	<b>47</b>

5.1.1.4 Configuração das Rodas .....	47
5.1.2 Energia .....	49
5.1.3 Estrutura da Sonda .....	51
5.1.3.1 Alocação dos Componentes .....	52
5.1.3.2 Estrutura metálica .....	53
5.2 GRUPO DOIS: ANÁLISE DO AMBIENTE PARA NAVEGAÇÃO, LOCALIZAÇÃO, ENVIO DE INFORMAÇÕES .....	54
5.2.1 Análise do Ambiente para Navegação .....	54
5.2.2 Localização .....	56
5.2.3 Envio de Informações .....	57
5.2.3.1 Dados de Vídeo .....	57
5.2.3.2 Dados de Comando e Status .....	58
5.3 GRUPO TRÊS: COLETA DE MATERIAL PARA ANÁLISE, ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS E MANIPULAÇÃO DAS AMOSTRAS .....	60
5.3.1 Coleta de Material para Análise .....	60
5.3.2 Armazenamento das Amostras .....	62
5.3.3 Manipulação das Amostras .....	63
5.4 GRUPO QUATRO: ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES .....	64
5.4.1 Armazenamento das Informações .....	64
5.4.2 Processamento das Informações .....	64
5.5 GRUPO CINCO: CONTROLE E INTEGRAÇÃO ENTRE OS DEMAIS GRUPOS .....	65
5.5.1 Controle .....	65
5.5.1.1 Lista de sinais de entrada .....	68
5.5.1.2 Lista dos sinais de saída .....	68
5.5.2 Integração dos Demais Sistemas .....	70
5.5.3 Recebimento e Envio das Tarefas a Serem Executadas .....	70
<b>6 CUSTOS PARA O PROJETO E PROTÓTIPO .....</b>	<b>71</b>
6.1 GRUPO UM: LOCOMOÇÃO, ENERGIA UTILIZADA E ESTRUTURA DA SONDA .....	71
6.1.1 Locomoção .....	71
6.1.2 Energia .....	71
6.1.3 Estrutura da Sonda .....	72

6.2 GRUPO DOIS: ANÁLISE DO AMBIENTE PARA NAVEGAÇÃO, LOCALIZAÇÃO, ENVIO DE INFORMAÇÕES .....	73
<b>6.2.1 Análise do Ambiente para Navegação .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2.2 Localização .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2.3 Envio de Informações .....</b>	<b>74</b>
6.3 GRUPO TRÊS: COLETA DE MATERIAL PARA ANÁLISE, ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS, MANIPULAÇÃO DAS AMOSTRAS E ANALISE.....	74
<b>6.3.1 Coleta de Material para Análise .....</b>	<b>74</b>
<b>6.3.2 Armazenamento das Amostras.....</b>	<b>75</b>
<b>6.3.3 Manipulação das Amostras.....</b>	<b>76</b>
6.4 GRUPO QUATRO: ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES .....	76
<b>6.4.1 Armazenamento das Informações.....</b>	<b>76</b>
<b>6.4.2 Processamento das Informações .....</b>	<b>77</b>
6.5 GRUPO CINCO: INTEGRAÇÃO ENTRE OS DEMAIS GRUPOS .....	77
<b>6.5.1 Integração dos Demais Sistemas .....</b>	<b>77</b>
<b>6.5.2 Recebimento das Tarefas a Serem Executadas .....</b>	<b>78</b>
6.6 CUSTOS CONSOLIDADOS.....	78
6.7 PRINCIPAIS FORNECEDORES UTILIZADOS .....	79
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>81</b>
7.1 TRABALHOS FUTUROS.....	82
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>87</b>
APÊNDICE A - BASE DA SONDA.....	87
APÊNDICE B - MANCAL PARA EIXOS .....	88
APÊNDICE C - SUPORTE MOTOR .....	88

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 OBJETIVO

A proposta do trabalho é desenvolver uma sonda automática para realizar a coleta de solo automaticamente com custos viáveis para ser aplicado em massa pelos produtores agrícolas de pequeno, médio e grande porte. Essa coleta será utilizada para levantar o mapa de fertilidade do solo e com isso reduzir o consumo de insumos como: sementes, fertilizantes e adubos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo MORETINI,2009, “Com o aumento da população mundial, a agricultura está enfrentando o desafio de aumentar a produção em decorrência do aumento da demanda pela população. Com o desenvolvimento de tecnologia, o sensoriamento remoto, os sistemas de informações geográficas (SIGs) e o sistema de posicionamento por satélite (GPS) vêm propiciando o desenvolvimento da Agricultura de Precisão (AP), que permite o manejo mais eficiente das práticas agrícolas, buscando precisar a aplicação de insumos, com diminuição dos custos de produção e conseqüentemente na redução dos impactos sobre o ambiente. Um dos entraves é a área viável de monitoramento dos parâmetros de solo que seja representativa dos mapas gerados para fins de diagnóstico e manejo localizado da fertilidade do solo”.

O processo para utilizar-se da agricultura de precisão, pode ser resumido em três etapas: a coleta de dados, o planejamento das atividades de plantio e a aplicação localizada de adubos e fertilizante. A primeira etapa consiste em identificar a variabilidade existente em campo dos diversos fatores de produção (solo, pragas, ervas daninhas, etc.) e da própria produção da cultura. O processo começa pelo mapa de produtividade na colheita. Isto é feito com equipamentos instalados nas colheitadeiras, que marcam cada posição geográfica no campo através de sinais de satélite recebidos com o GPS. Além disso, informam, via

sensores de rendimento (quantidades de grãos colhidos) e umidade, a quantidade e condições físicas dos grãos colhidos em cada trecho percorrido.

Toda a informação é enviada e analisada por programas de computador, que fazem os mapas com a quantidade produzida em cada trecho colhido. Mapas de produtividade permitem individualizar a produção da lavoura, *i.e.*: uma lavoura de produção média é de 100 sc/ha poderá ter áreas que produzem 60 e outras 130 sc/ha.

Com os mapas, estas áreas podem ser visualizadas e identificadas as suas características.

A segunda etapa consiste em processar as informações (dos mapas de produtividade da colheita) para analisar e quantificar os dados obtidos e desse modo associar as áreas mais produtivas com as suas características químicas. Com essa análise feita, podem-se definir fatores de produção, propor estratégias de gerenciamento agrícola que levem em conta esse cenário variável, consolidados na forma de mapas de aplicação dos insumos. Após as análises das amostras do solo coletado e das plantas daninhas, o agricultor terá mapas que traduzem a fertilidade da área, a ocupação das plantas daninhas além de outros mapas como, umidade, pH, estrutura e drenagem do solo, densidade de plantas e estágio de crescimento e área em metros quadrados e não em hectares como realizado atualmente. O mapa de produtividade é analisado para obter o diagnóstico correto (concentração de nutrientes, umidade, ocorrência de doenças, etc.) da situação de cada parte da lavoura.

Outro ponto importante é elaborar o mapa de fertilidade do solo, através de coletas registradas por GPS e análise de uma ou mais amostras do solo. No mapa é indicado o teor da cada nutriente no solo em cada ponto da área cultivada, permitindo identificar onde existe ausência ou excesso de nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Depois da análise feita e da interpretação dos mapas de produtividade e fertilidade, além de outras informações, elaboram-se os mapas para aplicação localizada dos insumos. Através dos mapas a quantidade de insumo é calculada e aplicada na área exata. A grande vantagem em relação ao método manual é que ao invés de calcular, por uma média, o quanto a área a ser cultivada necessita de sementes, calcário, adubo, herbicida e inseticida, o agricultor vai poder aplicar apenas a quantidade necessária para cada diferente zona do terreno.

As estratégias propostas pela agricultura de precisão e os impactos positivos são evidentes. As vantagens ambientais com a redução do uso de adubos e fertilizantes são pontos positivos na utilização da sonda para auxiliar na análise do solo.

“Porém a confiabilidade dos dados obtidos com o mapeamento de fertilidade do terreno é questionável e trabalhosa, visto que são feitas manualmente. Em se tratando de áreas pequenas pressupõe-se que os mapas gerados sejam refinados o bastante para permitir mapeamento de fertilidade de alta resolução (muitos pontos de amostragens na área), e que representem valores muito próximos da real fertilidade do terreno” (SANTOS; VASCONCELOS, 1987, P.98). Mas a proposta é gerar um mapa de fertilidade confiável quando grandes extensões de áreas estão sendo consideradas, como as que normalmente são empregadas em lavouras de alta tecnologia de manejo. Também diminuir o trabalho gerado por essa coleta e análise.

A terceira etapa consiste em aplicar fertilizante e a adubos através do mapa de fertilidade do solo obtido das etapas anteriores. As áreas com menor quantidade de compostos receberão maior quantidade de insumos para poder uniformizar a área utilizada.

O projeto como um todo envolve mais de uma área de pesquisa. Uma das etapas seria o projeto e confecção da sonda robótica. Porém, a sonda robótica proposta, também envolve diversas áreas dentro da engenharia elétrica e mecânica. Como o estudo e elaboração de todas as técnicas envolvendo áreas como telecomunicações, mecânica, energia, tornariam o projeto complicado e demorado, a idéia é dividi-lo em partes menores e mais específicas. Desse modo o trabalho poderia ocorrer de forma paralela, reduzindo o tempo de execução, além de cada pessoas designadas para cada grupo de trabalho, tornar-se especialista no tema do subgrupo.

Portanto esse trabalho propõe desenvolver o projeto da sonda robótica, com as suas especificações, suas subdivisões com sugestões de técnicas a serem utilizadas pelo estado da arte atual e o levantamento dos custos para a obtenção de financiamento.

Além disso, serão propostas alterações da concepção atual, visando à obtenção dos mesmos resultados, porém com técnicas e custos menos onerosos.

### 1.3 ORIGEM DO TRABALHO

As descrições de quais resultados deverão ser alcançadas, foi elaborado pelo Engenheiro Agrônomo Msc. Cristiano Alves Moretini. Isso porque a análise e o método de análise não é uma informação gerada por esse estudo e sim requisito do projeto.

A idéia surgiu da sonda utilizada pela NASA para análise do solo marciano. As principais características da sonda são: locomoção, energia utilizada, estrutura da sonda, análise do ambiente para navegação, localização, envio de informações, coleta de material para análise, armazenamento das amostras, manipulação das amostras, armazenamento das informações e seu processamento.

As tarefas a serem desenvolvidas de modo completamente autônomo serão associadas e propostas a melhor técnica associando custo-benefício para a elaboração do sistema.

Após essa etapa, serão levantados os valores dos equipamentos necessários para a elaboração do protótipo.

### 1.4 ESTADO ATUAL DA ARTE

Estudos no Brasil sobre sondas robóticas existem diversos. Robôs para limpar dutos, desarmar bomba, trabalhar em altas temperaturas e até para jogar futebol. Porém não foi encontrado nenhum estudo para coleta de amostras de solo anterior a essa pesquisa.

Estudos em outros países, principalmente na França, originaram alguns métodos de análise do solo sem a coleta de materiais. O estudo mais interessante é da análise de quantidade de nitrato no solo em tempo real. “Cada análise tem período de 1,25 segundos. A técnica utilizada é um transistor de efeito de íon-seletivo de campo (ISFET) que em contato com o solo, determina os índices de nitratos no mesmo” (BIRRELL;HUMMEL, 2001, p.1722).

Análises mais profundas com outros índices de fertilidades do solo, como: índice PH, materiais orgânicos, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e nitratos não foram encontrados em nenhum projeto na bibliografia utilizada.

Um equipamento desenvolvido pela Rockwell automation para análise de solo através das coordenadas obtidas através de GPS, porém não microscópica foi apresentado no Position Location and Navigation Symposium. Este sistema inclui software e hardware que utiliza Differential Global Positioning System (GPS) para capturar dados de campo, incluindo o rendimento, a umidade de colheita, topografia, tipo de solo, química do solo e infestação de plantas daninhas (até 256 camadas de dados) (BLOOM,1996, p.1). Esta análise é realizada através de um sistema de visão.

O penetrógrafo, equipamento para medir a dureza do solo, foi uma das fontes de inspiração para o projeto de perfuração e coleta do material da sonda.

O penetrógrafo desenvolvido por equipe de estudo da Unicamp, construído para operar de forma automática, executando um ensaio de penetração com um simples toque no botão de partida. “Ele possui incorporado, um sistema dedicado de aquisição de dados, que pode armazenar até 187 ensaios e uma interface de comunicação, dispensando a conexão ao microcomputador. As condições do ensaio como, por exemplo, data, localização (latitude e longitude) e profundidade, podem ser atualizadas, assim como a aferição da célula de carga, via teclado com mostrador de duas linhas” (BIANCHIN;2002,p.104).

O penetrógrafo foi o equipamento que mais próximo chegou do estudo proposto nesse trabalho.



Figura 1: Penetrógrafo em trator

Fonte: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental

Outro trabalho bastante interessante foi realizado por Luiz Arthur Malta Pereira, na USP de Pirassununga. Nesse trabalho é elaborado um robô para realizar o monitoramento e medição da forragem do pasto. Nesse trabalho, como não havia nenhum tipo de análise, somente monitoramento por sensor, o robô foi construído. O robô tinha seus movimentos realizados de forma manual, não possuía inteligência interna para movimentação. A parte mecânica do robô é bem simples, sendo as rodas composta de pneus de carrinho de mão usados em construção civil.

A sonda foi refeita em duas tentativas. A Primeira não obteve sucesso devido a altura do robô. Para corrigir isso, foi construído o segundo robô, com rodas de bicicletas como ilustrado na figura 2. “As rodas de bicicletas resolveram o problema, pois proporcionaram ao novo protótipo uma altura maior evitando assim atrito com a forragem e os pneus adotados possuíam formas propícias para

manter um atrito maior com a forragem e o solo evitando que este patinasse...” (PEREIRA, 2009,p.41).



Figura 2: Sonda para Monitoramento de Rebanho  
Fonte: Pereira (2009).

Esse estudo tinha como objetivo principal um robô comandado a distância, que com um sensor analisaria o volume de forragem e enviaria imagens através de uma câmera para o monitoramento do rebanho. Esses dados são enviados por *wireless* e tinha somente alcance de 100 metros da central.

### 1.5 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO

A sonda projetada através desse trabalho possui algumas limitações para o seu correto funcionamento. O tipo de solo deve ser analisado antes do início da coleta dos materiais. A sonda foi projetada para solos regulares. Entende-se por solos regulares, solos que não possuem quantidades de obstáculos, como pedras e buracos, significativos de mais de 30 centímetros de diâmetro médio. Outra consideração importante é que o terreno não tenha declive acentuado com inclinação maior que 30 graus.

As limitações do terreno a ser analisado são de vital importância para tornar o projeto viável tanto tecnicamente quanto economicamente. O projeto para atender todos os tipos de solos tornaria o projeto complexo e com valor de construção do protótipo consideravelmente mais alto.



Figura 3: Campo Preparado  
Fonte: Google Imagens

Os terrenos passíveis de análise seriam os solos pré-trabalhados com outros equipamentos e preparados para receber uma nova cultura, como ilustrado na figura 3.

### 1.6 HISTÓRICO DE SONDAS REMOTAS

Sem os robôs controlados, os seres humanos não poderiam conhecer certos aspectos dos nossos planetas vizinhos ou do nosso próprio planeta. Isso porque alguns ambientes são hostis que torna a ocupação humana impossível. Podem-se citar o fundo do oceano, as crateras dos vulcões, os planetas com zero de atmosfera onde a temperatura pode variar entre o dia e a noite varia centenas de graus, lugares estes que o ser humano nunca poderá visitar, porém os robôs podem. A operação remota do veículo pode tornar o robô uma extensão dos sentidos do operador. Áudio, vídeo, informações de textura e informações químicas podem retornar a base, fornecendo assim, boa idéia de como é e como

funciona o ambiente em que o robô está inserido. Se o robô estiver equipado, ele pode manipular pequenos objetos como pedras e examinar a superfície buscando encontrar vida microscópica através de seus equipamentos. As fotos da exploração de lugares distantes, como Marte e Lua, são enviados por robôs vídeo controlados.

“A NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) é líder em projetar e programar robôs com operação remota e vídeo controle. Desde 1960, a NASA tem enviado veículos remotamente controlados ao espaço em missões que seriam impossíveis para o ser humano devido aos fatores de riscos e o longo tempo de viagem. Os robôs exploradores rodam por meses através de controle remoto, mandando informações detalhadas e manipulando pequenos objetos em ambientes hostis que o corpo humano não agüentaria pouco segundos. Muitos desses robôs são tão bem construídos que rodam por meses alimentados somente pela energia solar” (NASA, 2009).

Antes do veículo controlado Viking em 1975 chegar a Marte, somente podia-se imaginar como era o solo desse planeta. Mas após a sua chegada e tocar o solo de Marte, começaram os envios das informações, incluindo fotografias com os detalhes do planeta.

Viking era alimentado por dois geradores de plutônio que fornecia 30W para alimentar todo o sistema, incluindo sistemas para análise biológica, composição química (orgânica e inorgânica), meteorologia, propriedades magnéticas, aparências e propriedades físicas da superfície e da atmosfera. Viking operou na superfície hostil de Marte durante sete anos até perder contato com os operadores. A NASA foi pioneira em projetar e construir robôs operados remotamente, em especial veículos desenvolvidos com capacidade de atravessar ambientes hostis, com superfícies desconhecidas e gravidades diferentes da Terra.

Na figura 4, é ilustrado o primeiro veículo controlado remotamente construído pela NASA na década de sessenta. Pode-se verificar a quantidade de itens que deve ser considerados quando o projeto é para um planeta nunca antes explorado.



Figura 4: Robô Viking  
Fonte: NASA

Nos últimos quarenta anos, a *NASA Space Telerobotics Program* construiu inúmeros novos projetos de robô com características diversas. Foram construídos robôs que pareciam aranhas (figura 5), outros que tinham balões em seus pneus e até que se locomoviam com uma perna.



Figura 5: Robô Aranha  
Fonte: NASA

Para muitas pessoas, esses robôs somente são apreciados por sua aparência, mas uma análise mais detalhada é impossível não se admirar com as tecnologias utilizadas. Um exemplo da genialidade dos projetos da NASA está no exemplo da figura 6.

Esse robô com codinome “GoFor”, pode andar sobre as suas pernas retrateis. Com o seu excelente design permite que o corpo principal mantenha-se sempre na posição horizontal durante a passagem por obstáculos. Se esse pequeno robô encontrar algum obstáculo grande, ele pode contornar por algum dos lados e não correr risco. Isso graças aos seus sensores de proximidade. Para recarregar as suas baterias, é utilizado um painel solar, que permite o envio e recebimento de informação na base.



Figura 6: Robô GOFOR  
Fonte: NASA

## 1.7 METODOLOGIA

O método a ser utilizado, será a divisão das tarefas em quatro grupos de estudos preliminares e um quinto grupo para a interligação dos demais grupos.

O agrupamento proposto das atividades é:

Grupo Um: Locomoção, energia utilizada e estrutura da sonda;

Grupo Dois: Análise do ambiente para navegação, localização, envio de informações;

Grupo Três: Coleta de material para análise, armazenamento das amostras e manipulação das amostras;

Grupo Quatro: Armazenamento e processamento das informações;

Grupo Cinco: Integração entre os demais grupos.

As especificações e os valores financeiros disponíveis em cada grupo serão os objetivos do estudo. Desse modo, em cada grupo será proposto o método economicamente mais viável para o estudo e elaboração do protótipo.

O projeto será elaborado a partir das soluções encontradas que atendem as necessidades do projeto desde que o custo e tempo de execução sejam compatíveis com o recurso financeiro disponível.

As soluções técnicas serão objetos de estudo do estado da arte atual associada com experiência profissional. Desse modo, a bibliográfica será a principal fonte de conhecimento para esse estudo.

## 2. VIABILIDADE ECONÔMICA NA AGRICULTURA

Atualmente a inserção dos insumos são uniformemente distribuídos sobre toda a área de plantio. Os valores utilizados são calculados através de uma média. Essa metodologia é a mais usual atualmente no Brasil, porém não a mais eficaz. Com a utilização de uma média de uso de insumo sobre todo o terreno, alguns pontos estão corretos, porém outros ficarão com quantidade maior ou menor que o necessário. Quando a quantidade de insumos for menor, a produtividade e qualidade da produção ficarão comprometidas. Quando a quantidade de insumos utilizada for maior que a necessário, a qualidade da produção pode ser comprometida além de incidir valores econômicos maiores do que o necessário. Outro ponto que merece ser destacado é o valor ambiental no uso excessivo de adubos e fertilizantes que podem comprometer o solo e os lençóis de água subterrâneos.

O modo para evitar esse tipo de situação seria utilizar-se das técnicas de agricultura de precisão. A agricultura de precisão, em ordem prática, seria o levantamento de um mapa de fertilidade através de coleta e análise de solo. Sendo identificada a variabilidade espacial dos fatores de fertilidade, é possível realizar a intervenção localizada através da aplicação com taxa variável do fertilizante. Esta técnica pode ser realizada através do uso de máquinas adubadoras providas de um sistema controlador de dosagem hidráulico-eletrônico. Este tipo de equipamento, associado a um GPS, permite que a máquina adubadora aplique o fertilizante de acordo com um mapa de recomendação estabelecido previamente.

A aplicabilidade da sonda pode ser analisada de diferentes formas pois em cada tipo de cultura e terreno os resultados podem variar significativamente. Para exemplificação dos valores e da funcionalidade da sonda, será apresentado um estudo de aplicação do mapa de fertilidade para o plantio de cana-de-açúcar.

O terreno para o plantio da cana-de-açúcar é preparado principalmente com dois tipos de fertilizantes: calcário e fosfato Arad. Um estudo realizado por MENEGATTI e KORNDORFER (2005), em cultura de cana-de-açúcar, teve como objetivo mostrar a viabilidade econômica no uso da agricultura de precisão. Algumas condições para o estudo foram determinadas. O estudo teve como foco

os dois principais fertilizantes utilizados nesse tipo de cultura. Além disso, os custos da análise seriam confrontados com os valores de utilização do calcário e do fosfato antes e depois das análises.

Para elaborar o mapa de fertilidade do solo, o primeiro passo seria a amostragem do solo. Por se tratar de uma amostragem manual, foi utilizado um número pequeno de amostras, visto que os custos tornam-se maiores com o aumento dos números das amostras.

A variabilidade espacial dos atributos físico-químicos do solo é um fato e pode ocorrer em várias escalas, sendo que RAIJ (1991), cita variação destas propriedades em distâncias de centímetros. Esta variabilidade, detectada pelas amostras de solo, podem ser visualizadas através de mapas gerados em programas específicos para o gerenciamento de dados especializados, denominados SIG. As amostragens de solo feitas para a geração de mapas de fertilidade, em sua grande maioria, são realizadas de acordo com uma grade amostral definida previamente com base nas características da área e na densidade amostral desejada. MOLIN (2000), cita que agricultores americanos têm conseguido detectar a variabilidade espacial contida nos talhões utilizando 1 a 2,5 amostras/ha. A densidade amostral que vem sendo comumente utilizada para esta finalidade por parte dos produtores brasileiros varia em torno de uma amostra a cada 5 ha para áreas mais homogêneas, e uma amostra a cada 3 ha para áreas mais heterogêneas.

Os mapas de fertilidade são criados através da inserção dos dados de posicionamento e dos teores de nutrientes da análise química no software apropriado, o qual processa os dados através de uma técnica geoestatística denominada interpolação, que estima valores para as regiões não amostradas. A partir dos pontos amostrais são criadas quadrículas, menor unidade de resolução dos mapas, que representam áreas de no mínimo  $100 \text{ m}^2$ , sendo-lhes atribuídos valores de fertilidade e posicionamento. Com base nos mapas de fertilidade, mapas de recomendação de adubação podem ser gerados por determinados softwares, através da aplicação de uma equação de cálculo de adubação a cada quadrícula do mapa. Sendo assim, todo o mapa terá uma recomendação de adubação baseada no valor inerente de cada quadrícula.

Sendo identificada a variabilidade espacial dos fatores de fertilidade, é possível realizar a intervenção localizada através da aplicação à taxa variável do

fertilizante. Esta técnica pode ser realizada através do uso de máquinas adubadoras providas de um sistema controlador de dosagem hidráulico-eletrônico. Este tipo de equipamento, associado a um GPS, permite que a máquina adubadora aplique o fertilizante de acordo com um mapa de recomendação estabelecido previamente.

As práticas de calagem e fosfatagem em reforma de canaviais são consideradas operações estratégicas importantes, devido aos benefícios à fertilidade e ao alto custo envolvido. Uma das adubações mais importantes realizadas na cultura é a adubação de plantio associada com a aplicação de corretivos no solo. A deficiência de fósforo na cultura da cana-de-açúcar é um importante fator limitante da produtividade. Ao mesmo tempo, os fertilizantes fosfatados apresentam altos custos, representando uma operação de grande investimento. A aplicação da agricultura de precisão com a ferramenta de aplicação a taxa variável torna-se uma alternativa para a realização das práticas descritas acima.

Nesse estudo realizado por MENEGATT e KORNDORFER (2005), a coleta é manual e utilizasse da técnica de trado rosca, como ilustrado na figura 7. Esse sistema será o mesmo utilizado no desenvolvimento da sonda.

O estudo foi realizado em duas safras separadas, sendo que em uma foi utilizada a técnica de adubação com aplicação em taxa fixa e na segunda safra foi utilizado adubação com a taxa variável através do mapa de fertilidade do solo.

A produtividade obtida foi praticamente a mesma nas duas safras por hectare, porém o uso de adubo reduziu na média em 34,5 % no uso de calcário e em 38,6% no uso do fosfato.



Figura 7: Técnica de Perfuração de Solo  
 Fonte: (MENEGATTI , KORNDORFER .2005)

No quadro 1, os principais valores financeiros utilizados nos cálculos para comparação entre os dois métodos de adubação. A área utilizada para estudo foi 468,9 ha.

Item	Valor
Calcário	R\$ 23,00 tonelada
Fosfato Reativo	R\$ 442,00 tonelada
Custo Amostragem	R\$ 3,00 o ponto
Custo da Análise do Solo	R\$ 7,00 a amostra

Quadro 1: Custo de Processo  
 Fonte: (MENEGATTI , KORNDORFER .2005)

A magnitude dos custos de amostragem e análise do solo foi pequena quando comparada com os valores investidos na aplicação dos insumos, resultando que o custo de amostragem e análise laboratorial representou aproximadamente 0,15 % do custo total no sistema tradicional e 0,64% no sistema em grade. O custo de amostragem e de laboratório subiu de 0,94 R\$/ha no sistema tradicional para 2,54 R\$/ha no sistema de amostragem em grade e aplicação em taxa variável. No total geral, o investimento em informações e insumos no sistema tradicional foi de R\$ 87.233,94 e de R\$ 55.388,40 no sistema de agricultura de precisão para a área de 468,9 ha, gerando saldo positivo de R\$ 31.845,54 em relação à aplicação em taxa fixa. Por unidade de área, o sistema

tradicional apresentou custo de 186,04 R\$/ha enquanto que o sistema de agricultura de precisão resultou em 118,12 R\$/ha.

O estudo foi realizado em uma parte da Usina Jalles Machado localizada no estado de Goiás , sendo que a sua área total é de 6500 ha.

Para obter o mesmo resultado demonstrado nesse estudo, a média de amostra é uma a cada 4 ha. Para fazer a análise em toda a usina seriam necessárias 1625 amostras no valor total de amostragem de R\$ 4.875,00. Essa quantidade de amostras seria realizada automaticamente pela sonda com custo praticamente zero no período menor que uma semana. Portanto uma sonda poderia atender até quatro propriedades desse porte por mês para amostragens mais distantes, como foi o caso estudado nesse exemplo.

### **3 REQUISITOS E FUNCIONALIDADES**

A sonda precisará realizar diversas tarefas para a coleta das amostras de solo. Além disso, precisa fazer o armazenamento do material coletado. A área a ser monitorada deverá ser de no mínimo um hectare para os cálculos de capacidade. Desse modo, a sonda deverá ter autonomia de percorrer e realizar as tarefas necessárias durante todo trajeto. A cada distância programada, a sonda deverá recolher amostras do solo de diversas profundidades pré-programadas e armazená-las com as suas coordenadas via GPS.

#### **3.1 PASSO A PASSO DO PROCESSO**

O veículo deverá ser pré-programado para realizar a tarefa conforme o terreno. A sonda deve ter capacidade de transpor apenas alguns pequenos obstáculos, visto que foi projetada para um determinado tipo de terreno.

##### **3.1.1 Programação**

A sonda poderá ser programada de vários modos, porém é interessante que seja de fácil execução. Isso porque não seria interessante buscar pessoas especializadas para executar a programação das tarefas.

A programação do usuário poderá ser realizada através da IHM (interface homem máquina) ou por arquivo conectado por uma Pendrive. A tela da IHM será uma *touchscreen* de oito polegadas colorida de 256.000 cores.

A programação será basicamente fornecer alguns parâmetros para que a sonda possa realizar as tarefas. Os principais parâmetros a serem informados são:

- Número de amostra: irá informar quantas amostras serão coletadas;
- Área de monitoramento: área total a ser monitorada para ser realizado o cálculo. Isso porque a sonda terá uma quantidade limite de amostras que podem ser retiradas por dia devido aos tempos do processo e a capacidade de armazenamento;
- Profundidade da coleta da amostra: qual a profundidade que será necessária perfurar para retirar a amostra para análise;

Em função das informações fornecidas acima, a sonda irá realizar as tarefas necessárias para obter as amostras como programado.

### **3.1.2 Movimentação**

A movimentação ocorrerá em terrenos sem grandes obstáculos. A cada distância programada, a sonda deve parar para realizar a coleta das amostras. A distância irá depender do tipo e tamanho da análise. O valor da distância será informado junto à programação inicial.

A movimentação da sonda será orientada por GPS. Desse modo, as amostras retiradas poderão ser devidamente identificadas.

### **3.1.3 Coleta das Amostras**

As amostras deverão ser coletadas através de perfuração do solo e retiradas às quantidades necessárias para análise. A retirada das amostras pode

alcançar até vinte centímetros abaixo do nível do solo. O solo também poderá ser de diversas formações e desse modo deve-se prever perfurações para diversas durezas de terreno.

#### **3.1.4 Armazenamento das Amostras**

As amostras devem ser armazenadas em tubo Eppendorf de 1,5 ml fixados em esteiras. As amostras serão coletadas e devidamente identificadas com suas coordenadas geográficas.

Para facilitar as atividades, a análise das amostras será executada após a sua coleta. O armazenamento será através de esteiras que irão transportar os tubos Eppendorf para receber as amostras em seqüência para sua futura localização.

#### **3.1.5 Distância entre Amostras**

O objetivo é aumentar a quantidade de amostras utilizadas na agricultura de precisão atualmente. O número de amostras por hectare é de 16, como recomendada pelo Embrapa. Aumentar esse número é importante para o aumento da confiabilidade do mapa de fertilidade. Porém alguns pontos devem ser considerados, como a quantidade máxima de amostras que podem ser armazenadas e também o tempo gasto para a amostragem. Portanto um valor sugerido é de 600 amostras por hectare, o que proporcionaria um aumento de 37 vezes a precisão no mapa de fertilidade. Números menores também podem ser realizados, conforme a programação prévia.

#### **3.1.6 Transferência dos Dados**

Os dados armazenados no banco de dados constarão das seguintes informações: as coordenadas geográficas e a localização da amostra na esteira.

Essas informações serão transmitidas para a análise através de uma saída USB que poderá receber os dados por uma *Pendrive* ou por impressora.

### **3.1.7 Radio Controle**

A sonda poderá ser operada por rádio. Para isso será utilizada uma câmera de transmissão de imagens para poder orientar durante a operação manual do equipamento.

A transmissão dos sinais, pelos dois canais deve atender distâncias de até 1000 metros, pois a coleta das amostras do solo poderá chegar a essa distância do ponto da central de comando.

## **4 MATERIAIS UTILIZADOS**

Os materiais descritos são os principais utilizados e as principais tecnologias na área de automação e robótica. As partes mecânicas, principalmente as estruturas, terão seus croquis apresentados no apêndice.

### **4.1 MOTORES ELÉTRICOS**

Um robô para áreas externas não precisa de uma precisão extrema em seu posicionamento. A principal necessidade nesse caso é potência para poder percorrer diferentes tipos de terrenos. Desse modo, os motores para robôs de áreas internas são diferentes dos motores para robôs de áreas externas. Os robôs pequenos para ambientes internos podem ser equipados com motores de passo, que fornece bastante precisão, porém com pouco torque. Um robô para área externa necessita de potência para poder se movimentar em diferentes tipos de terrenos e motores de passo não oferece essa característica. A melhor escolha é um motor DC com uma caixa de redução. Esse tipo de motor pode fornecer alto

torque constantemente sem nenhum problema. Esse tipo de motor é usado em muitas aplicações comerciais, como cadeiras de rodas, macas, motocicletas elétricas, brinquedos, etc.

A alimentação desse motor pode ser realizada em 24V e seu acionamento é simples, sem necessidade de nenhum tipo de circuito auxiliar para essa função. O seu acionamento pode ser realizado por somente um acoplador a relé. Desse modo, para girar para um lado aplica-se 24V, para girar no sentido contrário, basta inverter a polaridade da alimentação.

Na figura 8 são ilustrados os dois tipos de motores descritos.



Figura 8: Motores

A caixa de redução na ponta do motor é necessária para reduzir a quantidade de RPM (rotações por minuto) entregue ao eixo do motor. Normalmente o motor gira em torno de 3000 RPM enquanto a necessidade é de aproximadamente de 100 a 200 RPM.

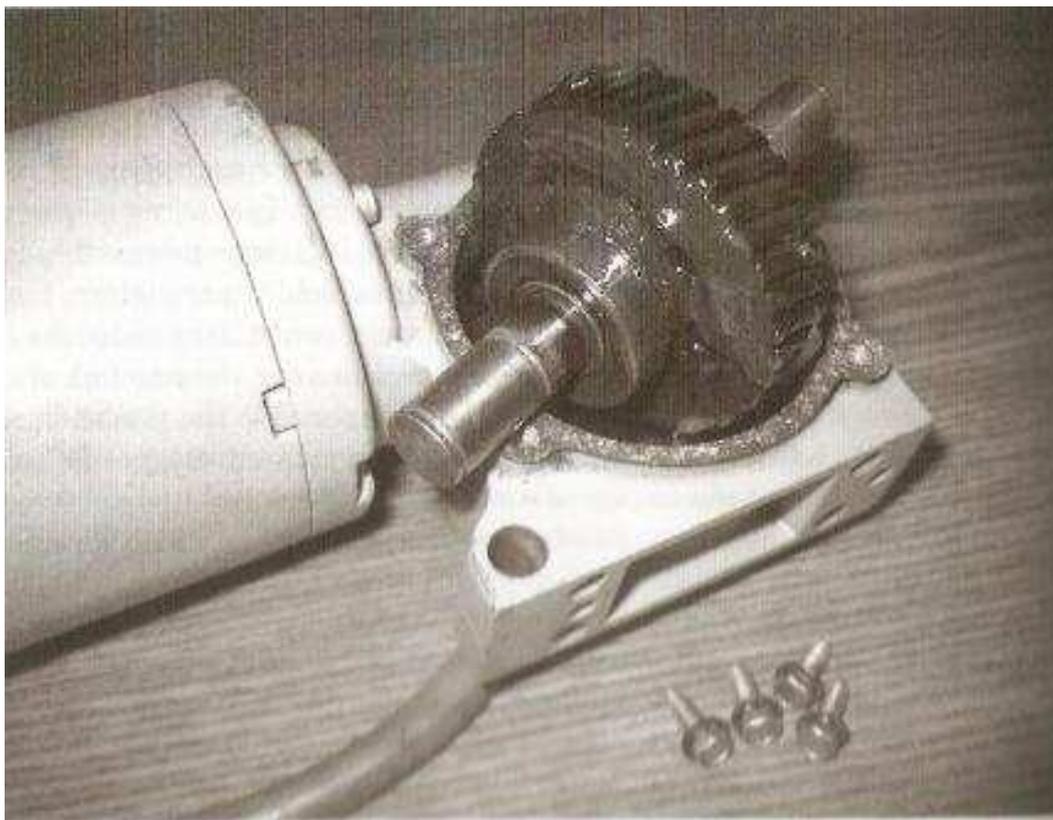


Figura 9: Caixa de Redução

Na figura 9 pode ser vista a caixa de redução, que é composta de engrenagens de diversos tamanhos. Uma caixa de engrenagens como mostrada na figura pode rodar anos sem necessidade de manutenção.

Outro modo de obter os mesmos resultados é montar a relação de redução através de polias e correias sincronizadoras. Porém o mais indicado é o motor com a caixa de redução já acoplado.

O controle de velocidade do motor pode acontecer, porém para a aplicação em questão poderia ser suprida. Como sugestão segue na figura 10 o esquema elétrico para poder aplicar até quatro velocidades diferentes.

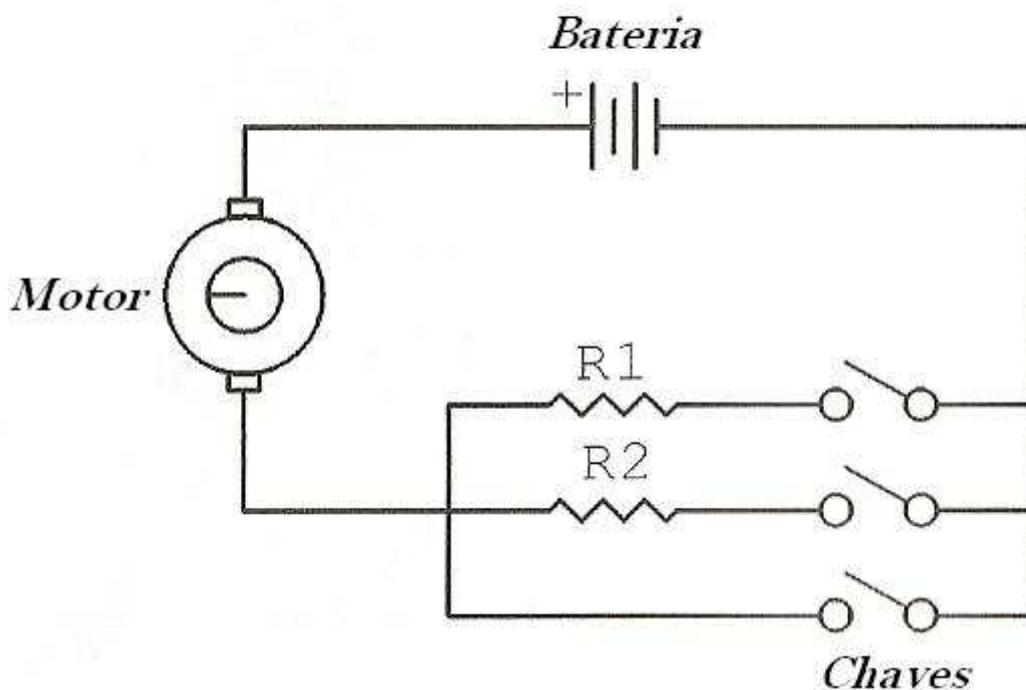


Figura 10: Circuito Variador de Velocidade  
Fonte: Autor

Para a figura 10, podem-se ter cinco níveis de controle:

1. Desligado – todas as chaves abertas
2. Baixa velocidade - chave do resistor 1 fechada
3. Média velocidade - chave do resistor 2 fechada
4. Médio-altas velocidade - chave do resistor 1 e 2 fechadas
5. Alta Velocidade - chave inferior fechada

A configuração indicada é ter somente o nível 1 e 5, com o motor parado ou com velocidade. A velocidade máxima pode ser determinada mecanicamente através da caixa de redução, ou seja, não teve controle de velocidade.

#### 4.2 CONTROLE REMOTO - RECEPTOR E TRANSMISSOR

Para facilitar o controle do robô de forma manual, a utilização de um controle remoto sem fio é imprescindível.

Controle remoto pode ser construído de diversas tecnologias: através de ondas ultra-sônicas, luz infravermelha ou por radio freqüência na forma de onda de rádio. Por ser a tecnologia mais simples e mais barata, o controle remoto através de ondas de rádio é a melhor opção.

A sugestão é utilizar um controle remoto como utilizado por aeromodelistas, como o mostrado na figura 11. Esse tipo de controle remoto tem preço acessível, é fácil de encontrar e não requer nenhuma licença especial para o seu uso.

Esse tipo de controle remoto é usado em muitas aplicações industriais. Normalmente é fornecido em pares de canais de dois até oito. Quando maior o número de canais, maior serão os itens controlados no robô remotamente.

O retorno de sinal também é importante para poder receber os sinais de status do robô. Portanto o controle remoto ideal para a aplicação é um modelo de rádio freqüência com oito canais nos dois sentidos.



Figura 11: Controle Remoto  
Fonte: NEON SS

Nas figuras 12 e 13 são identificadas as principais aplicações para os canais. Os canais reservas poderão ser utilizados para alguma necessidade futura.

<b>receptor</b>							
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>movimenta</b>	<b>direita/esquerda</b>	<b>liga camera</b>	<b>liga luz</b>	<b>camera direita/esquerda</b>	<b>broca avança/recua</b>	<b>liga broca</b>	<b>gira esteira</b>

Figura 12: Sinais do Receptor  
Fonte: Autor

transmissor							
1	2	3	4	5	6	7	8
obstáculo direita	obstáculo centro	obstáculo esquerda	esteira travada	sonda movimentando	coletando material	reserva	reserva

Figura 13: Sinais do transmissor  
Fonte: Autor

### 4.3 TRANSMISSÕES DE ÁUDIO E VÍDEO

A qualidade do link de vídeo é muito importante para a navegação manual do robô. Ficaria muito difícil controlar o robô se a imagem tivesse atrasos, imagens quebradas ou chuviscos. Outro ponto importante é a distância alcançada com o link. Um bom transmissor de vídeo não custa muito caro. Existem muitos kits prontos para transmissão de vídeo. Pode variar de alguns metros até centenas de metros, além de alguns casos necessitarem de licença para operar. Os custos dos kits são proporcionais as suas funcionalidades. No caso da Sonda Robótica para análise do solo, o ideal é um transmissor de pelo menos 300 metros.

O transmissor pode ser montado ou adquirido em lojas especializadas. Na figura 14 estão os dois possíveis tipos de transmissor.

O transmissor recomendado é o comercial, pois seu custo é baixo e possui boas especificações. Sugere-se o uso do transmissor de áudio/vídeo que consome 10 watt e opera na frequência de 900 MHz.

O sistema de áudio é opcional e a princípio não possui utilidade prática para a aplicação da sonda.

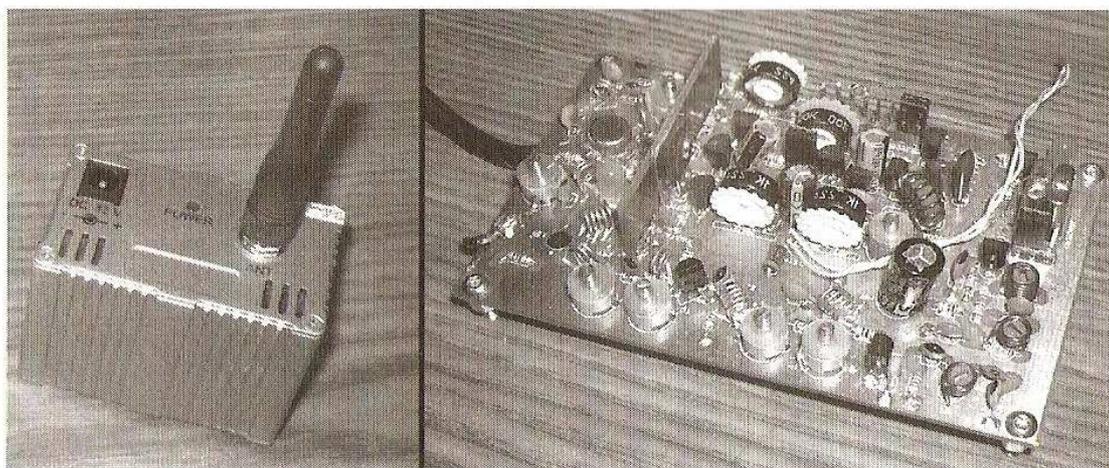


Figura 14: Transmissores de sinais  
Fonte: *Build Your Own All-terrain Robot* [20]

#### 4.4 CÂMERA DE VÍDEO

Para poder controlar a sonda robótica a distância, é necessário uma câmera de vídeo para ver a área ao redor. A câmera pode ser uma simples câmera CCD ou uma câmera de alta tecnologia, com zoom motorizado e controle de luminosidade automático. A câmera também pode ser preta e branca ou colorida. A figura 15 possui alguns exemplos de câmeras que podem ser utilizadas.

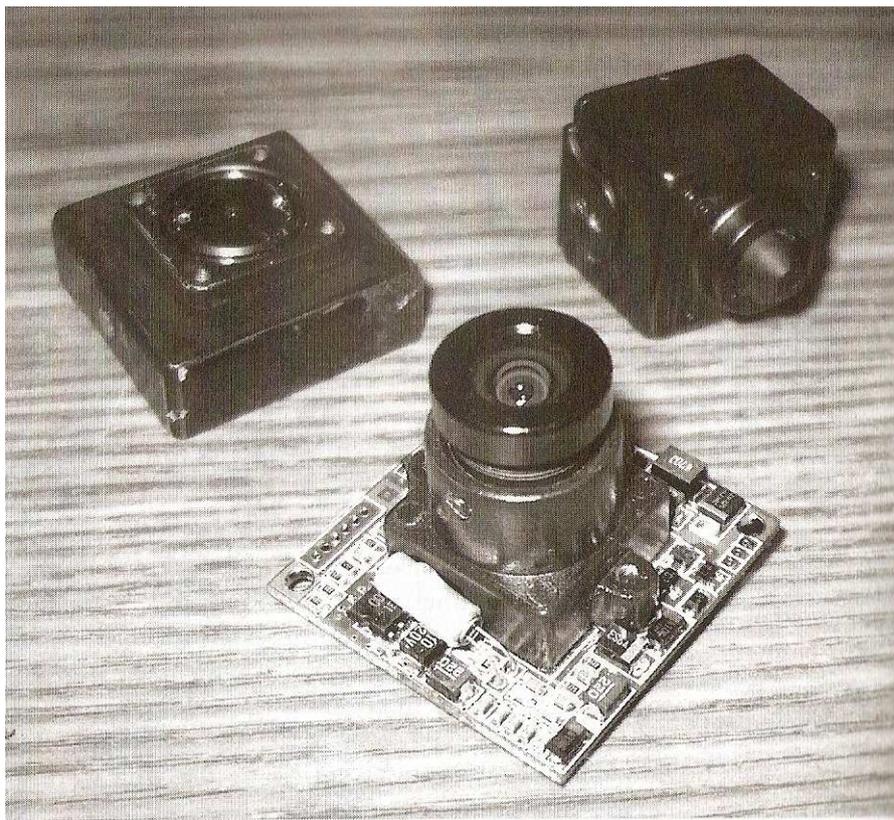


Figura 15: Câmeras  
Fonte: *Build Your Own All-terrain Robot* [20]

A maioria dessas câmeras são pequenas. Seu tamanho não é muito maior que cinco centímetros. O consumo de energia também é baixo. Poderia até ficar ligado o tempo todo de funcionamento do robô. Uma característica interessante é conseguir boas imagens com pouca luminosidade. Possivelmente a utilização de câmera colorida também é sugerida. Para melhor formação da imagem, o uso de uma lâmpada na direção da câmera é importante.

#### 4.5 BATERIAS

A tensão de trabalho dos equipamentos descritos é de 24 Volts ou menos. Para poder atender essa tensão, pode-se fazer escolha entre duas opções: utilizar baterias de 24 Volts usadas em caminhões ou barcos ou utilizar duas baterias de 12Volts usadas em automóveis em série totalizando 24 Volts. A sugestão é utilizar duas baterias de 12 Volts, pois além do custo ser menor, também poderá fornecer alimentação direta para o GPS.

Na figura 16 segue imagem das baterias a serem utilizadas.



Figura 16: Baterias  
Fonte: Google Imagens

A recarga das baterias poderá ocorrer de duas formas: recarga direta na tomadas de energia elétrica ou através dos painéis solares instalados acima da sonda. O painel solar será instalado de modo que possa fornecer tensão para recarregar as baterias.

## **5 SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA OS GRUPOS DE TRABALHOS**

Os grupos de trabalhos foram divididos em cinco. Esses grupos se relacionam como o diagrama da figura 17.

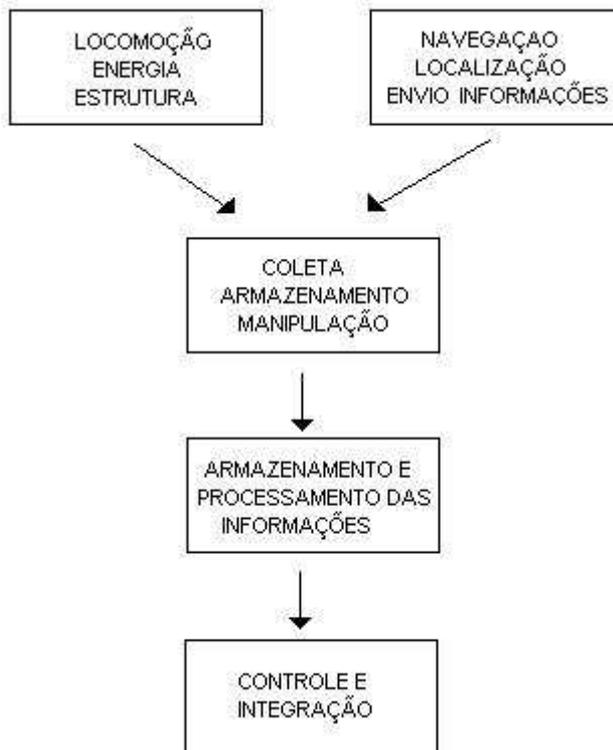


Figura 17: Bloco de Eventos dos Grupos  
Fonte: Autor

## 5.1 GRUPO UM: LOCOMOÇÃO, ENERGIA UTILIZADA E ESTRUTURA DA SONDA

### 5.1.1 Locomoção

A locomoção, um dos principais itens, pode ser realizada de diversas formas. Para efeito de estudo, serão proposto duas possibilidades de locomoção possíveis: esteira e rodas para terrenos regulares com sistema de amortecimento especial.

#### 5.1.1.1 Sistema de Esteira

O sistema de esteiras, muito utilizado em tanques de guerra, propicia excelentes performances em terrenos irregulares. Porém a utilização desse

equipamento necessita de uma tração motora de elevado torque. Portanto para admitir essa escolha, não pode ser esquecido qual tipo de motorização será usada. Normalmente, a tração com maior torque necessita de motores com relação de redução alta em marcha reduzida. Apesar da velocidade da sonda não ser fator crítico para o bom funcionamento, o custo associado irá aumentar com o aumento do sistema de transmissão motora.

#### 5.1.1.2 Sistema de Roda

O sistema de rodas, também utilizados em alguns sistemas bélicos e em alguns sistemas agrícolas. Sua utilização é mais simples e seus custos são menores. Aplicar rodas maiores, para evitar problemas com obstáculos menores. “Rodas maiores também aumentam a área de contato da roda com o solo, facilitando assim a movimentação em terrenos com problema de aderência” (FUJALKOWSKI, 1994, p.512). A roda a ser utilizada no projeto está ilustrada na figura 18.

Para aplicar essa tecnologia, o ideal é ter tração nas quatro rodas, pois com isso a chances de problemas com aderência ao solo reduz bastante. A motorização pode ser única, realizando a transmissão de movimento através de correia sincronizadoras. Inclusive através das correias, pode-se desenvolver um diferencial durante o movimento da sonda.



Figura 18: Roda para o projeto  
Fonte: Build Your Own All-terrain Robot [20]

#### 5.1.1.3 Peso Aproximado da Sonda

Para determinar o melhor meio de locomoção da sonda, o peso que deverá ser transportado, deve ser considerado. Na tabela 1 é estimado o peso para o protótipo da sonda.

Quantidade	Item	Peso (Kg)	Total (Kg)
2	Bateria Automotiva	16	32
4	Motores de Passo	3,6	14,4
1,2	Fuso de Esfera	1,7	2,04
1,2	Guia Linear	2,4	2,88
1	Painel solar	7	7
1	CPU	3,3	3,3
1	PLC	0,6	0,6
1	Base Metálica	8	8
4	Rodas	2,2	8,8
1	Demais itens	10	10
			<b>89,02</b>

Tabela 1: Peso Estimado do Sistema  
Fonte: Autor

#### 5.1.1.4 Solução Adotada para Locomoção

A solução adotada visa conciliar características como funcionalidade, custo, facilidade de implementação e manutenibilidade. Para a avaliação de custo e para o projeto preliminar, a solução adotada foi à roda de diâmetro grande.

Com a roda o sistema de tracionamento fica mais simples, além dos custos serem menores. A sonda também poderá transpor pequenos obstáculos sem dificuldades. Esse tipo de roda tem cinquenta centímetros de diâmetro. Com isso, a sonda ficará elevada vinte centímetros do solo passando por pedras e outros objetos menores sem problemas.

#### 5.1.1.4 Configuração das Rodas

A configuração de rodas na sonda pode ser de diferentes modos. As possíveis configurações são: duas rodas na frente e duas atrás, duas rodas atrás e uma na frente e duas rodas na frente e duas rodas atrás. Cada uma das opções possui características especiais.

Em veículos com somente uma roda na frente, a dirigibilidade é melhor, porém sua agilidade é menor. No caso de veículos com somente uma roda na

parte traseira, a sua agilidade é maior, porém a sua dirigibilidade é menor. Os dois exemplos estão ilustrados na figura 19.

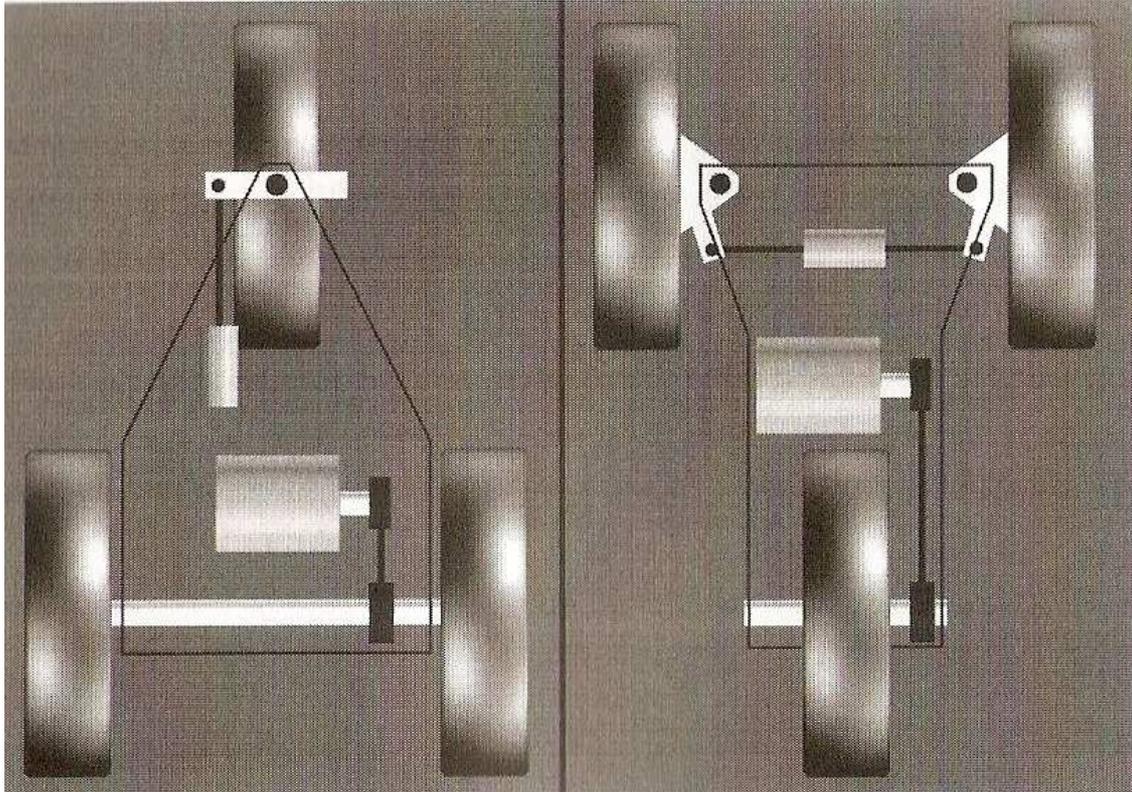


Figura 19: Configuração com três rodas  
Fonte: Autor

As configurações das rodas não são limitadas a três rodas somente. Na figura 20 é ilustrada uma configuração com quatro rodas.

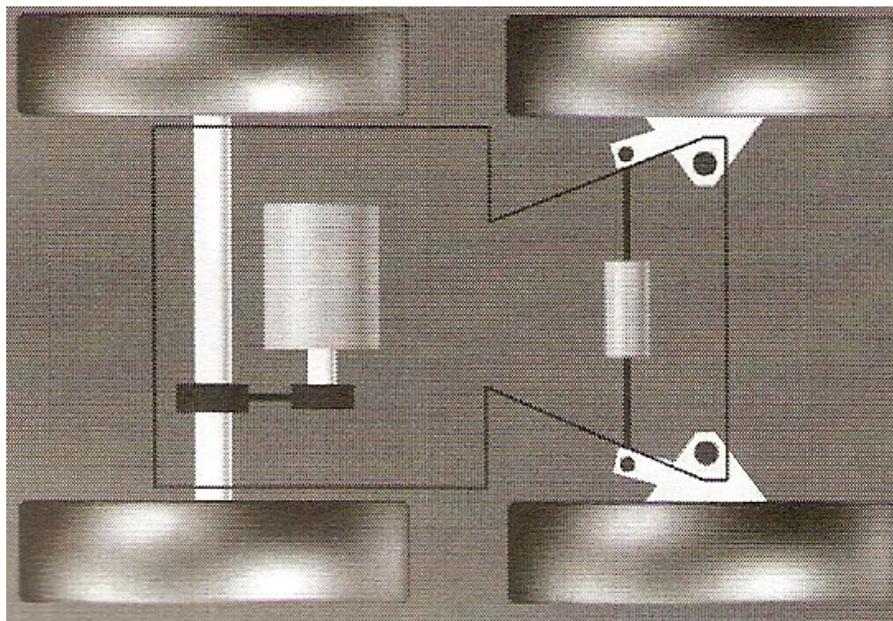


Figura 20: Configuração com quatro rodas  
Fonte: Autor

Esse sistema é o usado nos automóveis comerciais. Apesar de somente ter mais uma roda, a estabilidade fornecida é grande e dificulta tombamentos.

Nessa configuração, serão necessários somente dois motores. Um para tracionar as rodas traseiras e o segundo para direcionar o robô. Para evitar problemas com derrapagens e atolamentos em terrenos molhados, será acrescentado um sistema de transmissão mecânico por corrente para que as rodas dianteiras também sejam traçadas. Desse modo, problemas serão minimizados.

O maior problema desse sistema é não poder fazer um círculo perfeito em torno do seu próprio eixo, pois não existira sistema diferencial.

### 5.1.2 Energia

Para atender as necessidades de energia, a sonda será equipada com duas baterias de 12 volts em série, fornecendo assim o total de 24 volts. As baterias usadas são similares às utilizadas em automóveis.

Para poder recarregar durante o processo de coleta das análises, a sonda será coberta por uma placa de coletores de energia solar que serão dispostos

para fornecer energia em 24 Volts para carregar as baterias e alimentar diretamente a sonda.



Figura 21: Painel solar  
Fonte: Google Imagens

As baterias além de serem úteis para o sistema de energia poderão ser dispostas dentro da sonda de modo que a perfuração do solo não desestabilize a sonda. Portanto as baterias servirão como contrapeso durante a coleta de material do solo.

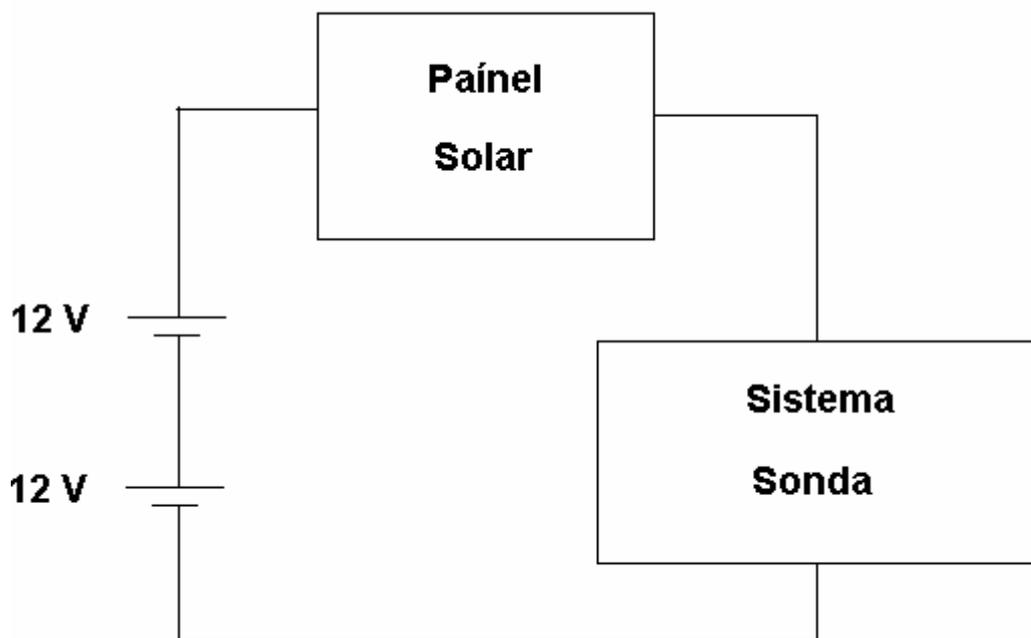


Figura 22: Sistema de energia da sonda  
Fonte: Autor

Na figura 22 está descrito o sistema de potência da sonda. As baterias com o auxílio do painel solar alimenta o sistema da Sonda. Quando o painel solar estiver ativo, provavelmente não será necessário usar a energia das baterias. Porém quando as células fotovoltaicas não estiverem alimentando o sistema, as baterias irão executar a tarefa de fornecer energia para a sonda.

### 5.1.3 Estrutura da Sonda

A sonda será dividida em quatro partes. A primeira parte envolve a área de movimentação da sonda, onde estarão localizados os motores e transmissões mecânicas. A segunda parte será a área de controle e transmissão de dados. Nessa área serão alocados os equipamentos utilizados para o controle das operações da sonda e armazenamento e envio dos dados. A terceira área será a de energia, que deve receber as baterias e sistema de coleta da energia solar. A quarta área será a área de coleta e armazenamento das amostras do solo. Essa área será dividida em duas, sendo a primeira para a coleta e a segunda para armazenamento das amostras.

### 5.1.3.1 Alocação dos Componentes

Os componentes que são necessários para que a sonda possa executar as suas tarefas são conhecidos. O frame para alocar todos os componentes deve ser projetado visando algumas características. A principal delas é o centro de inércia. No caso da sonda durante a perfuração do solo, o contrapeso para que a sonda se mantenha estável é outro ponto que deve ser analisado.

Robô muito largo ou muito estreito pode encontrar problemas no momento de acelerar ou frear. Outro problema que pode ocorrer é se o centro de gravidade estiver muito alto no momento de transpor barreiras. Para poder manter a base da sonda elevada, facilitando assim transpor pequenas barreiras, a distribuição dos pesos irá contribuir para a estabilidade.

Os maiores pesos são as baterias, o motor de tração e o sistema de perfuração do solo. Para manter a estabilidade durante a perfuração, o sistema da broca poderá ser armazenado no meio da sonda entre as rodas. Desse modo, a sonda fica apoiada nas quatro rodas enquanto ocorre a perfuração. As baterias serão distribuídas sendo uma na parte frontal e outra na parte traseira. O motor de tração será alocado na parte traseira.

A parte de controle pode ser alocada na parte dianteira. O sistema de manipulação e armazenamento pode ser alocado no meio da sonda, próximo ao local de coleta de material.

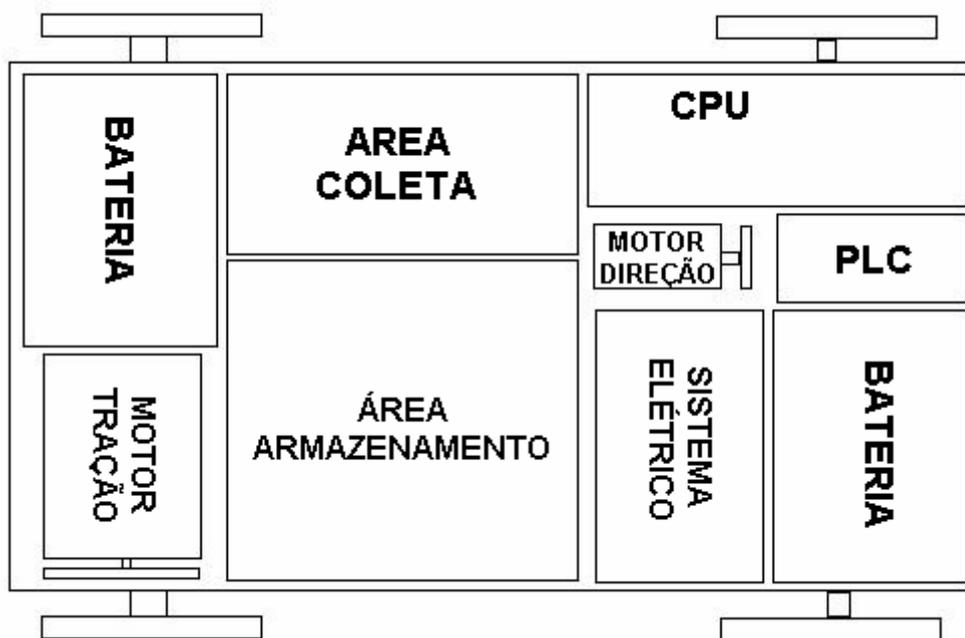


Figura 23: layout sonda  
Fonte: Autor

Na figura 23 está ilustrado o layout da sonda robótica, sendo considerado a distribuição dos componentes para manter o centro de gravidade o mais próximo do centro da sonda e com isso evitar problemas de instabilidade durante as execuções das tarefas.

#### 5.1.3.2 Estrutura metálica

Para a construção da estrutura metálica da sonda, devem ser consideradas várias características importantes de trabalho.

A sonda irá trabalhar todo o tempo exposto ao tempo, como sol e chuva. Além disso, tem o contato com o solo permanentemente. Desse modo, a possibilidade de oxidação de alguns componentes deve ser item de observação.

Outro ponto a ser considerado é o peso da sonda. Quanto maior o peso, maior deve ser o motor e maior a bateria para poder suprir a necessidade de energia.

Pensando nesses possíveis problemas, o material mais indicado para a estrutura da sonda é o alumínio. As peças que sofrem mais esforço mecânico,

como eixos, polias, suporte para motores, pode usar o aço inox que possui características de ser antioxidante e resistente a grandes esforços

Por se tratar de muitos equipamentos eletrônicos, que não podem entrar em contato com água, a sonda terá uma tampa, que será composta pelo painel de células fotovoltaicas. Com isso pode-se economizar com a tampa e ao mesmo tempo obter energia para a sonda.

Os croquis das principais peças e desenhos de conjunto estão no Apêndice A.

## 5.2 GRUPO DOIS: ANÁLISE DO AMBIENTE PARA NAVEGAÇÃO, LOCALIZAÇÃO, ENVIO DE INFORMAÇÕES

### 5.2.1 Análise do Ambiente para Navegação

O sistema de navegação da sonda pode ser feito de diversas formas. A mais complexa seria a utilização de duas câmeras, com processamento das imagens em três dimensões, e desse modo fornecendo informações para o desvio dos obstáculos. Os custos para esse sistema de imagem seriam elevadíssimos e tornaria o projeto além de oneroso, demorado. Como o solo a ser analisado não possui grandes variações, sendo classificado como regular, outras soluções podem ser adotadas, com custo e tempo de execução menor.

A solução proposta seria a utilização de rodas maiores, que tornariam insignificantes pequenos objetos no caminho da sonda, como pequenas pedras e gravetos. Associado a isso, poder-se-ia usar de sensores fotoelétricos e ultrasônicos para determinar as distâncias entre a sonda e obstáculos. Também poderiam ser monitorados buracos. Essa solução tornaria o custo muito inferior ao valor de processamento de imagem tridimensional. Além do tempo de desenvolvimento ser reduzido significativamente.

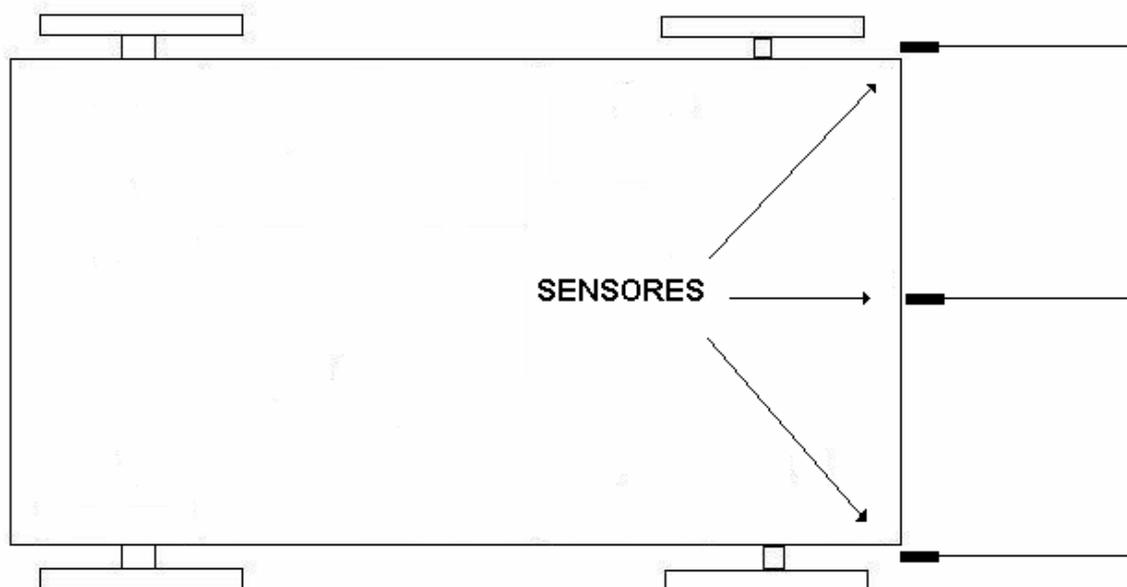
“Sensores com entradas digitais ou analógicas associados com lógica inteligente tornam-se uma solução economicamente interessante para detectar o meio de navegação” (VATCHARADEJSAKUL,2008,P.654).

Em caso de problema, será instalada uma câmera com o intuito de somente transmitir as imagens para a central verificar a situação da sonda e a execução dos trabalhos.

Desse modo a sonda poderá entrar em manual e os comandos serão executados remotamente com auxílio da câmera de monitoramento.

O sensor ultra-sônico pode fornecer a distância de objetos com precisão de cinco milímetros. O modo mais rápido e prático para atender as necessidades do projeto, seria a utilização de três sensores ultrasônicos, sendo um próximo a roda dianteira direita, o segundo próximo a roda dianteira esquerda e o terceiro ao centro.

Os sensores podem ser fixados a quarenta e cinco graus em direção a linha horizontal em relação ao solo. Desse modo, diante da presença de obstáculos, os sensores irão sinalizar a distância e o tamanho aproximado do obstáculo. O sistema automatizado irá tomar a melhor decisão e em caso de problemas que não pode ser resolvido automaticamente, irá enviar sinal através de rádio informando o problema.



Figura

Figura 24: Disposição dos sensores de ambiente  
Fonte: Autor

Na figura 24, pode-se verificar as posições mais indicadas para os sensores ultrasônicos. O range de atuação será pequeno, pois o sensor deve estar direcionado para o solo. Esse tipo de sensor irá informar qual é a distância de detecção de objeto. Por cálculo geométrico, o sensor deve manter sempre uma mesma distância. Se o valor mudar dentro de uma margem de tolerância, o sistema emite o alarme de problema.

### **5.2.2 Localização**

A localização da sonda será através de um GPS. As coordenadas geográficas serão armazenadas junto com as amostras e desse modo oferecer precisão durante as análises. Para determinar a localização e o quanto ainda deve percorrer entre amostras, será utilizado um encoder em uma das rodas para determinar quando foi percorrido. A transferência de dados entre o GPS e o computador será através de OPC Server. O OPC Server disponibiliza em softwares de programação direcionado á objeto campos que informam dados, como as coordenadas geográficas obtidas pelo aparelho.

Os valores obtidos são então armazenados em um banco de dados, junto com a localização da amostra retirada daquele local.

O GPS usado é de fácil aquisição, por se tratar de um produto de uso comercial. Sua alimentação é em 12 volts. A conexão é USB para alimentação e para aquisição dos dados. Portanto a sua conexão física é somente em uma porta do PC. O equipamento não precisa de antena ou qualquer outro equipamento auxiliar.

O software OPC Server para o GPS pode ser encontrado na internet. Esse software é específico para cada fabricante.

O GPS utilizado está ilustrado na figura 25.



Figura 25: GPS  
Fonte: Site Tomtom

### 5.2.3 Envio de Informações

As informações enviadas serão somente para monitoramento da sonda, pois a análise será realizada a posterior. Os dados que serão trocados entre a sonda e a base serão as imagens da câmera de monitoramento, os sinais do controle remoto em caso de necessidade de operação manual e os alarmes em caso de problemas.

A coleta de dados pode ser realizada de diversas maneiras. A primeira delas seria conectar uma Pendrive em uma porta USB da CPU. Os dados seriam salvos em arquivo do Access ou do Excel. Pode também ser salvo em arquivo texto. Outro modo para acessar os dados seria a conexão na rede ethernet da sonda por um computador. Seria conectado um cabo ethernet no PC e os dados transferidos entre computadores.

#### 5.2.3.1 Dados de Vídeo

A navegação manual da sonda é realizada através dos dados do controle remoto. Porém para poder verificar qual o problema e como o trabalho está sendo realizado, a sonda possui uma vídeo câmera que mostra imagens em tempo real da sonda e seus arredores. O envio dos dados de vídeo é realizado através de

ondas de rádio. Na sonda será instalado o transmissor de sinal. Na base de comando será instalado o receptor dos sinais de vídeo conectado a um monitor RCA. As imagens serão recebidas em tempo real e ficará em *standy-by* para não consumir energia desnecessariamente.

Quando ocorrer algum problema, enviado por sinal de rádio pré-programado, a câmera poderá ser ligada e o comando manual da sonda fica habilitado.

#### 5.2.3.2 Dados de Comando e Status

Uma das partes mais importante do projeto é a troca de informações entre a sonda e a central de comando. Os dados estão divididos em dois grupos. Os dados de comando têm a direção da central de comando para a sonda e os dados de status têm a direção da sonda para a central de comando.

Os dados serão trocados entre a central de comando e a sonda através de rádio controle. Como sugerido para o projeto, o sistema de comunicação seria de oito canais para transmissão e oito canais para recepção. Desse modo, tem-se até oito sinais de comando e oito sinais de status.

O descritivo dos principais sinais trocados entre base e sonda estão ilustrados nas figuras 26 e 27:

receptor							
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>movimenta</b>	<b>direita/esquerda</b>	<b>liga camera</b>	<b>liga luz</b>	<b>camera direita/esquerda</b>	<b>broca avança/recua</b>	<b>liga broca</b>	<b>gira esteira</b>

Figura 26: Sinais recebidos pela sonda  
Fonte: Autor

transmissor							
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>obstáculo direita</b>	<b>obstáculo centro</b>	<b>obstáculo esquerda</b>	<b>esteira travada</b>	<b>sonda movimentando</b>	<b>coletando material</b>	<b>reserva</b>	<b>reserva</b>

Figura 27: Sinais transmitidos pela sonda  
Fonte: Autor

A descrição dos sinais das figuras refere-se à sonda robótica. No caso da palavra de status, têm-se dois sinais reserva para algum dado que seja necessário ser trocado durante os testes de *start-up*.

### 5.3 GRUPO TRÊS: COLETA DE MATERIAL PARA ANÁLISE, ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS E MANIPULAÇÃO DAS AMOSTRAS

#### 5.3.1 Coleta de Material para Análise

A coleta do material deve ser executada com profundidade de 20 centímetros. Para isso será utilizada uma broca com rosca sem fim. A broca penetrará o solo na distância determinada e coletará 1,5 ml de material.

A sonda será acionada por um motor de torque 24 Volts. Esse motor fornecerá alto torque para poder penetrar o solo com mais facilidade. O motor possui uma redução para fornecer as características mecânicas desejadas. A transmissão do movimento entre o eixo do motor e a broca será através de correia sincronizadora.

O sistema mecânico de deslocamento da sonda e de rotação da broca está ilustrado na figura 28.

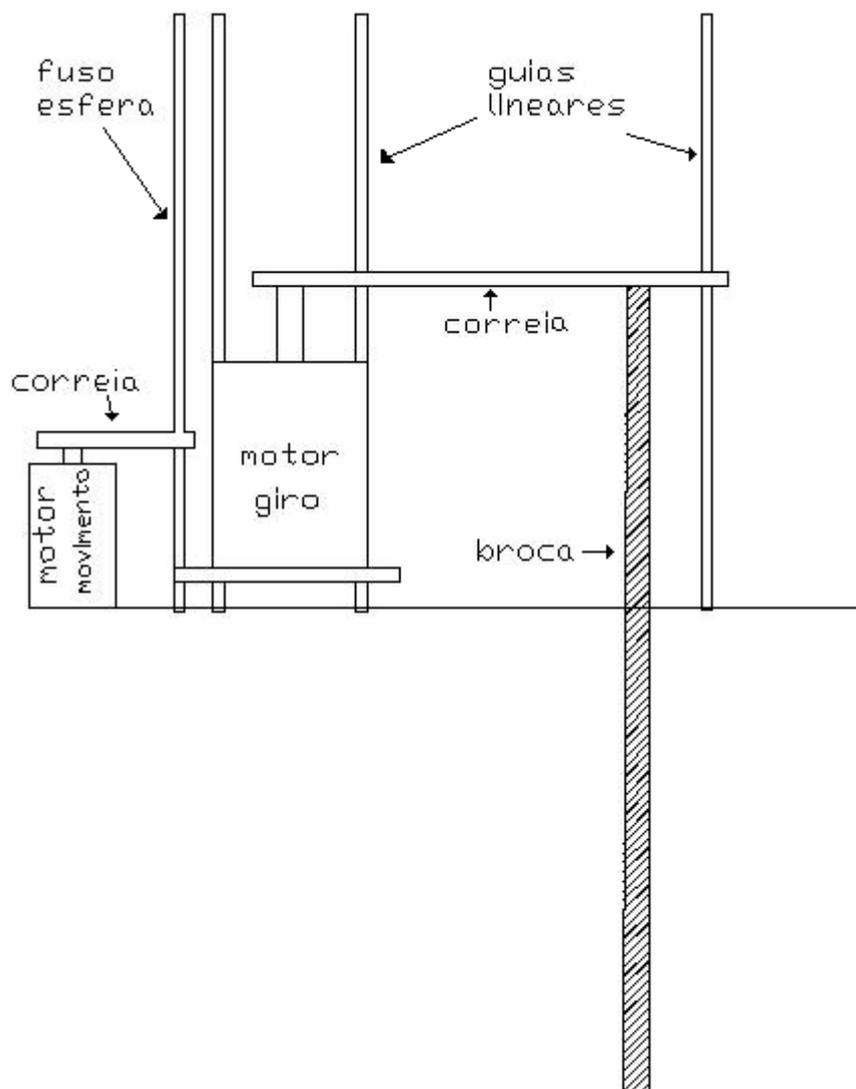


Figura 28: Sistema de perfuração  
Fonte: Autor

O sistema de perfuração do solo e retirada das amostras tem o princípio de funcionamento como ilustrado na figura 28. O motor de giro realiza a rotação da broca para a penetração no solo. Todo o conjunto de rotação desloca-se na direção vertical apoiado em duas guias lineares através de patins. O tracionamento do conjunto é realizado pelo motor de movimento que através de uma relação de redução aciona a cremalheira para acionar o fuso de esfera.

Cada volta no fuso de esfera equivale à descida de cinco milímetros. Para realizar a tarefa completamente, a broca necessita chegar até o solo e penetrar mais vinte centímetros.

Os dois motores usados são DC com alto torque. O motor de giro da broca é de alta rotação para facilitar a perfuração do solo. O motor possui uma única velocidade e pode girar nos dois sentidos. O motor de posicionamento também possui uma única velocidade e pode girar para os dois lados. Para um dos lados o conjunto de perfuração desce e para o outro lado o conjunto sobe. O motor irá posicionar o conjunto até que chegue aos sensores de fim de curso. Os sensores de fim de cursos são posicionados da seguinte forma: o sensor para descida é acionado quando a broca alcançar o solo e o penetrar vinte centímetros. O sensor de subida é acionado quando o conjunto de perfuração alcança a posição de descanso sem atrapalhar a movimentação da sonda.

### **5.3.2 Armazenamento das Amostras**

As amostras serão armazenadas e analisadas posteriormente. Elas devem ser armazenadas de modo a pode ser identificadas com precisão em relação às coordenadas geográficas obtidas via GPS. Esses dados serão armazenados através de um banco de dados do Microsoft Access ou similar.

As amostras serão armazenadas em tiras que servirão de suporte para os tubos Eppendorf. Esses tubos ficarão sempre presos na esteira que irá realizar um movimento em espiral para poder ser armazenada a amostra necessária. O máximo que poderá ser armazenado será 500 amostras. Esse número é o suficiente para o trabalho da sonda durante um dia. A movimentação do tubo na esteira será através de um motor DC. Esse motor irá também posicionar o tubo de Eppendorf em frente ao local de armazenamento após a coleta do material pela broca oca com rosca sem fim.

O material é elevado até o topo da broca e empurrado para dentro do tudo de Eppendorf. A esteira com os tubos gira mais uma posição e espera a próxima amostragem. Cada amostragem é realizada pela contagem de pulsos de um sensor fotoelétrico. Com isso, a amostra fica identificada com um número e depois associada na planilha com suas coordenadas geográficas.

Cada posição na esteira é associada a um número do total de amostras e depois enviada para o PC através de rede Ethernet. Esses valores são utilizados nos formulários do Access e alocados devidamente nas tabelas de dados.

### 5.3.3 Manipulação das Amostras

As amostras serão armazenadas utilizando o tubo Eppendorf de 1,5 ml. Os tubos serão deslocados entre as áreas de armazenamento e coleta através de pequenas esteiras.



Figura 29: Tubo de Eppendorf  
Fonte: Google Imagens

O tubo de Eppendorf é utilizado para análises químicas do solo. Esse tubo é de pequenas dimensões e a quantidade armazenada dentro dele é suficiente para as análises necessárias para determinar o mapa de fertilidade do solo.

Para evitar contaminação entre duas retiradas de amostras consecutivas, a broca deve ser limpa automaticamente antes de iniciar uma nova perfuração. Para isso será utilizada uma bandeja para limpeza. O sistema de coleta de amostras irá auto-limpar durante a movimentação da sonda entre dois pontos consecutivos.

A broca irá perfurar o solo e após chegar na profundidade desejada, irá através do sistema de rotação trazer o material para o topo da broca. Nesse momento através de uma pequena espátula empurrar o material para dentro do tubo de Eppendorf. O resto do material não utilizado será descartado no local. A

espátula também será limpa para que não interfira na medição nas próximas amostras.

Como a quantidade a ser coletada é pequena, qualquer contaminação pode interferir na correta amostragem para a elaboração do mapa de fertilidade. Para evitar esse tipo de problema, todas as peças que entram em contato com as amostras devem ser limpas.

## 5.4 GRUPO QUATRO: ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

### 5.4.1 Armazenamento das Informações

Os dados serão armazenados em uma Unidade de processamento computadorizada, na qual os dados do GPS serão transferidos via OPC Server.

Os dados do GPS serão disponibilizados através de objeto OLE nos formulários do Access. Esses dados serão tratados e armazenados nas tabelas do Access. O endereço da amostra na esteira é enviado pelo PLC através de rede Ethernet e também disponibilizado via OLE para os formulários do Access. Os dados ficarão armazenados em um arquivo do Access.

### 5.4.2 Processamento das Informações

As informações originadas do GPS e da posição da amostra na esteira, enviada pelo PLC, são associadas em tabela do Access. Cada posição da amostra na esteira é associada um par de coordenadas geográficas que identifica exatamente de qual lugar a amostra foi retirada.

Após a análise do solo, em laboratório, as propriedades físico-químicas do solo são conhecidas e será a entrada do mapa de fertilidade do solo. Esse mapa irá identificar através de cores e componentes do solo, qual é a melhor quantidade e tipo de fertilizantes para cada região analisada.

## 5.5 GRUPO CINCO: CONTROLE E INTEGRAÇÃO ENTRE OS DEMAIS GRUPOS

### 5.5.1 Controle

A programação da IHM para receber os dados será realizada através do software XP-Builder, “a linguagem de programação é direcionada ao objeto” (XP DEVICE, 2004). A programação do PLC, que realiza a função de intercâmbio de informação entre o controle e o sistema da sonda, será através do software XG-5000, com linguagem de programação Ladder.

“As informações entre o PLC e o PC serão trocadas através de rede Ethernet e por protocolo OPC Server” (LS OPC SERVER MANUAL, 2008). As informações que serão enviadas do PLC para o PC serão basicamente que a coleta foi finalizada e pode ser armazenado no banco de dados o número da amostra e a sua posição do GPS. Os dados enviados do PC para o PLC será a posição do GPS, para que a sonda possa determinar o local exato para a coleta do material.

O GPS será conectado ao PC através de uma porta USB. “O GPS também possui uma interface em OPC Server para comutar as informações através de objetos em programação Visual Basic” (TOMTOM USER’S MANUAL, 2008). Desse modo, o Access da Microsoft irá executar as funções de banco de dados e também de troca de informações entre o PLC, GPS e PC.

Portanto, a arquitetura dos equipamentos de comando, ficará da seguinte maneira:

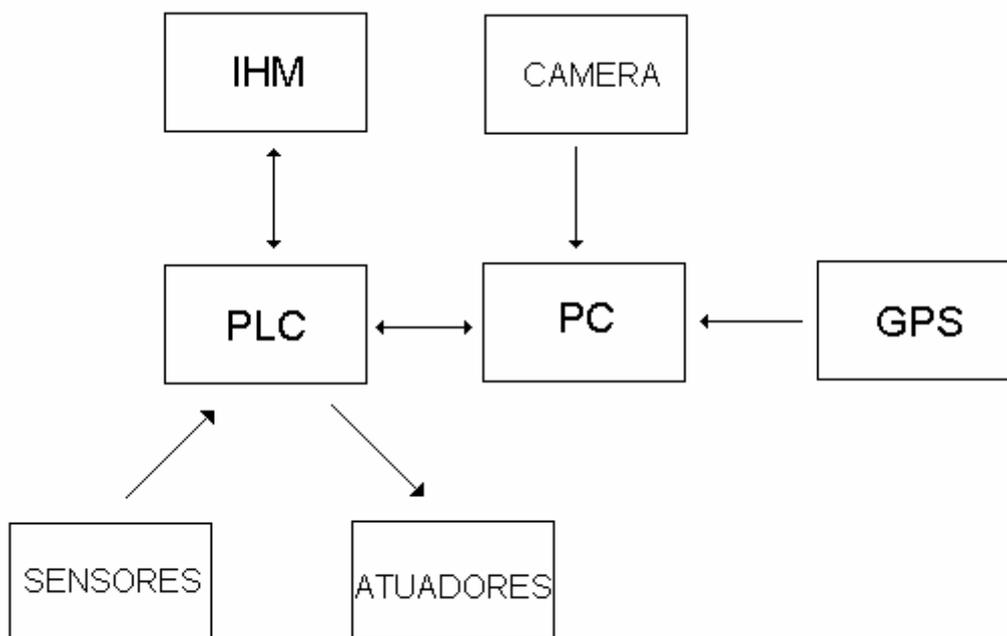


Figura 30: Esquema de comando  
Fonte: Autor

Na figura 30 as flechas indicam o fluxo de informação. Como se pode notar, os sensores, o GPS e a Câmera somente fornecem dados para o sistema. Os atuadores, por sua vez, somente recebem comandos e atuam no sistema.

O PLC escolhido é o XEC – “DR32H que possui 16 entradas e 16 saídas digitais e 4 entradas e 4 saídas analógicas” (XEC HARDWARE MANUAL, 2009).

“A elaboração do software de automação em qualquer área pode utilizar-se de redes de Petri para evitar conflitos e estados infinitos” (MORAES; CASTRUCCI, 2001, p.177).

Os sensores utilizados são:

- 1) Sensor para detectar obstáculos: são três sensores ultrasônicos analógicos que determinam a distância de objetos e a presença de buracos no caminho da sonda;
- 2) Visão do ambiente: câmera VGA para que possa ser monitorado o terreno próximo da sonda. Essa câmera irá enviar os dados para uma central computadorizada.

- 3) Sensor de posicionamento: o posicionamento da sonda em relação ao terreno será determinado por um GPS comercial, que irá informar a sua localização e por conseqüência a localização da sonda em relação às coordenadas geográficas. O sensor de posicionamento para a alocação correta das amostras será usado encoder de pulsos;
- 4) Sensor de presença: Para detectar a presença de peças e componentes serão usados três tipos de sensores diferentes. Para detectar a presença do tubo de Eppendorf será utilizado um sensor fotoelétrico. Para detectar o posicionamento das esteiras e de suas partes internas, serão utilizados sensores indutivos.

Os principais atuadores serão:

- 1) Motor de tração da sonda: Será utilizado um motor de torque com redução mecânica para movimentar a sonda para frente e para trás. Esse motor terá seu acionamento somente para um lado e para o outro. Desse modo, a sonda sempre se movimentará com velocidade constante;
- 2) Motor de direção: Motor de passo com realimentação por encoder para movimentar a barra de direção das rodas dianteiras. Para rotacionar esse motor são necessários três sinais: libera movimentação, pulsos em frequência proporcional à velocidade desejada e sentido de rotação.
- 3) Sonda para extração de material: A broca será acionada por um conjunto mecânico de fuso de esfera com guias lineares, tracionadas por um motor de alta rotação. Portanto para retirar o material do solo serão necessários dois motores, sendo um para girar a broca e o segundo para descer a broca à quantidade necessária. Para girar a broca será utilizado um motor de torque e para posicionar o conjunto será utilizado um motor de passo com realimentação por encoder;
- 4) Conjunto para manipulação e armazenamento das amostras: a retirada do material pela broca será encaminhada para o tubo de Eppendorf. Para isso o tubo terá que ser girado até o contato com o material. Esse sistema será acionado por dois pequenos motores de corrente contínua.

A esteira transportando os tubos também será acionada por um pequeno motor de passo com realimentação por encoder.

#### 5.5.1.1 Lista de sinais de entrada

No Quadro 2 estão os sinais de entradas com os respectivos endereços para ser utilizados pelo CLP:

<b>Endereço</b>	<b>Descrição</b>
I0.0	Entrada encoder motor direção da sonda
I0.1	Entrada encoder motor do deslocamento da broca
I0.2	Referência sistema deslocador da broca
I0.3	Reserva
I0.4	Reserva
I0.5	Tubo posicionado para receber amostra
I0.6	Reserva
I0.7	Reserva
I1.0	Reserva
I1.1	Reserva
I1.2	Reserva
I1.3	Reserva
I1.4	Reserva
I1.5	Reserva
I1.6	Reserva
I1.7	Reserva
IW3	Sensor de terreno lado direito
IW4	Sensor de terreno centro
IW5	Sensor de terreno lado esquerdo

Quadro 2: Sinais de Entrada do CLP  
Fonte: Autor

#### 5.5.1.2 Lista dos sinais de saída

No Quadro 3 estão os sinais de saída com os respectivos endereços para ser utilizados pelo CLP:

<b>Endereço</b>	<b>Descrição</b>
-----------------	------------------

Q0.0	Pulsos para acionar motor de passo direção da sonda
Q0.1	Pulsos para acionar motor de passo profundidade da broca
Q0.2	Pulsos para acionar motor de passo posicionamento do tubo
Q0.3	Reserva
Q0.4	Reserva
Q0.5	Reserva
Q0.6	Libera motor de passo direção da sonda
Q0.7	Libera motor de passo profundidade da broca
Q1.0	Libera motor de passo posicionamento do tubo
Q1.1	Reserva
Q1.2	Reserva
Q1.3	Reserva
Q1.4	Direção motor de passo direção sonda
Q1.5	Direção motor de passo profundidade da broca
Q1.6	Direção motor de passo posicionamento do tubo
Q1.7	Reserva
Q2.0	Reserva
Q2.1	Reserva
Q2.2	Aciona motor de movimentação para frente
Q2.3	Aciona motor de movimentação para trás
Q2.4	Gira motor da broca
Q2.5	Gira motor da esteira porta tubo
Q2.6	Gira motor da câmara para lado direito
Q2.7	Gira motor da câmara para lado esquerdo
Q3.0	Reserva
Q3.1	Reserva
Q3.2	Reserva
Q3.3	Reserva
Q3.4	Reserva
Q3.5	Reserva
Q3.6	Reserva
Q3.7	Reserva

Quadro 3: Sinais de saída do CLP  
Fonte: Autor

A quantidade a mais de sinais são reservas para possíveis alterações ou acréscimo de sinais. “Os sinais de entradas são inicializados com a letra I e os sinais de saída são inicializados com a letra Q” (XGK/XEC INTRUNCTION ,2008).

### 5.5.2 Integração dos Demais Sistemas

Todos os sistemas necessitam do trabalho integrado. Para isso, o PLC e o PC devem trabalhar juntos para que possam atender as necessidades do projeto. O PLC irá realizar as tarefas de processamento superior, não interferindo diretamente nas atividades da sonda robótica.

O PLC irá realizar as tarefas da sonda e passar as informações diretamente para o PC processar e armazenar.

O PLC e o PC estão interligados por uma rede ethernet simples, que pode trocar quantidades grandes de informação. A princípio as informações trocadas entre os dois equipamentos são poucas, mas a capacidade é grande.

### 5.5.3 Recebimento e Envio das Tarefas a Serem Executadas

As tarefas a serem executadas devem ser digitadas na tela da IHM. Esse equipamento irá fazer a interface entre a sonda e o operador.

As tarefas a serem executadas podem ser digitadas diretamente na *tela touch screen* da IHM. Outra opção é criar algumas configurações padrões para que possa ser configurada a tarefa mais rapidamente.

Outra opção possível com o mesmo sistema seria a utilização da *PenDrive* para carregar o sistema com as tarefas a serem executadas. Seria criado um software utilizado em um PC padrão e as configurações seriam feitas nele e simplesmente carregadas na sonda através da porta USB da IHM.

## 6 CUSTOS PARA O PROJETO E PROTÓTIPO

### 6.1 GRUPO UM: LOCOMOÇÃO, ENERGIA UTILIZADA E ESTRUTURA DA SONDA

#### 6.1.1 Locomoção

Os custos referentes a locomoção são as rodas, motores, polias, corréa, engrenagens e eixos.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Rodas	4	487,00	1.948,00
Motor de Tração	1	350,00	350,00
Motor de Direção	1	78,00	78,00
Polia Menor para Tração	1	140,00	140,00
Polia Maior para Tração	1	220,00	220,00
Correia para Transmissão de Tração	1	312,00	312,00
Eixos Dianteiro e Traseiro	2	130,00	260,00
Engrenagem Menor para Direção	1	42,00	42,00
Engrenagem Maior para Direção	1	67,00	67,00
Suspensão (Molas+suporte)	4	321,00	1.284,00
<b>Total</b>			<b>4.701,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 4: Custo do sistema de locomoção  
Fonte: Autor

#### 6.1.2 Energia

Os custos associados a energia são: baterias, suporte para bateria, fios e cabos. Além disso, também está considerado o painel solar utilizado para suprir a sonda em paralelo com as baterias.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Baterias Automotivas	2	250,00	500,00
Painel Solar de 1X1,5 m <sup>2</sup>	1	1.800,00	1.800,00
Cabo 2X1	12	3,64	43,68
Fio de 1 mm <sup>2</sup>	80	0,13	10,40
Base Metálica para as Baterias	2	47,00	94,00
		<b>Total</b>	<b>2.448,08</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 5: Custo do sistema de energia  
Fonte: Autor

### 6.1.3 Estrutura da Sonda

A estrutura metálica da sonda é composta da base de fixação inferior, as laterais e os itens para fixação dos componentes.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Base Sonda	1	1.300,00	1.300,00
Suporte Fixação do Motor de Tração	1	230,00	230,00
Suporte Fixação do Motor de Direção	1	180,00	180,00
Laterais da Sonda	1	460,00	460,00
Suporte Fixação Chapa Elétrica	1	210,00	210,00
Suporte Fixação CPU	1	87,00	87,00
Suporte Fixação do Eixo Dianteiro	1	350,00	350,00
Suporte Fixação do Eixo Traseiro	1	220,00	220,00
Suporte Painel Solar	1	170,00	170,00
Rolamento para as Quatro Rodas	4	65,00	260,00
Materiais Diversos	1	120,00	120,00
		<b>Total</b>	<b>3.587,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 6: Custo da estrutura da sonda  
Fonte: Autor

## 6.2 GRUPO DOIS: ANÁLISE DO AMBIENTE PARA NAVEGAÇÃO, LOCALIZAÇÃO, ENVIO DE INFORMAÇÕES

### 6.2.1 Análise do Ambiente para Navegação

A análise do ambiente para navegação é composto de duas partes.

A primeira parte são os sensores para detectar o ambiente através de sensores ultrasônicos.

A segunda parte é a câmera para monitoramento remoto. Nos custos também estão sendo considerados o suporte, a câmera e o motor de acionamento rotacional do sistema.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Sensor Ultrasônico	3	930,00	2.790,00
Suporte Sensor Ultrasônico	3	54,00	162,00
Cabos Sensores Ultrasônicos	3	76,00	228,00
Câmera de Monitoramento	1	860,00	860,00
Suporte Giratório para a Câmera	1	770,00	770,00
Motor de Rotação da Câmera	1	78,00	78,00
Suporte Motor de Rotação da Câmera	1	130,00	130,00
		<b>Total</b>	<b>5.018,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 7: Custo de análise do ambiente de navegação  
Fonte: Autor

### 6.2.2 Localização

A localização da sonda será através de GPS. O custo deste subsistema é o custo do GPS comercial com o cabo USB para conexão com o computador.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
GPS Tom tom	1	630,00	630,00
Software de Transferência de Dados	1	1.340,00	1.340,00
Cabo de Comunicação	1	67,00	67,00
		<b>Total</b>	<b>2.037,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 8: Custo do sistema de localização  
Fonte: Autor

### 6.2.3 Envio de Informações

O custo do envio de informação está associado ao sistema de envio de dados através receptor e emissor de rádio. Também são considerados os custos de ligação do sistema.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
Sistema de Recepção	1	5.400,00	5.400,00
Sistema de Transmissão	1	3.300,00	3.300,00
Receptora Base	1	3.200,00	3.200,00
		<b>Total</b>	<b>11.900,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 9: Custo do sistema de envio de informações  
Fonte: Autor

## 6.3 GRUPO TRÊS: COLETA DE MATERIAL PARA ANÁLISE, ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS, MANIPULAÇÃO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE

### 6.3.1 Coleta de Material para Análise

Os custos relativos às coletas das amostras são: sistema de guia linear, patins, fusos de esferas, polias, motores, suporte metálico e sensores.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Fuso de Esfera	2	330,00	660,00
Guias Lineares	2	240,00	480,00
Sensor Indutivo	2	70,00	140,00
Motor de Rotação	1	440,00	440,00
Motor de Elevação	1	78,00	78,00
Patins	4	158,00	632,00
Suporte Sonda	1	230,00	230,00
Broca	1	420,00	420,00
Polia Menor	1	88,00	88,00
Polia Maior	1	126,00	126,00
Correia	1	143,00	143,00
Suporte Motor Elevação	1	180,00	180,00
Materiais Diversos	1	300,00	300,00
		<b>Total</b>	<b>3.917,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 10: Custo da coleta de material para análise  
Fonte: autor

### 6.3.2 Armazenamento das Amostras

O armazenamento das amostras será através de esteira com os tubos de Eppendorf presos. Os custos desse sistema serão: motores, suporte para a esteira e a esteira.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Suporte Esteira	1	427,00	427,00
Esteira	1	1.340,00	1.340,00
Motor	1	78,00	78,00
Suporte Motor	1	135,00	135,00
Sensor Indutivo	1	70,00	70,00
Suporte Sensor	1	48,00	48,00
		<b>Total</b>	<b>2.098,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 11: Custo de armazenamento das amostras  
Fonte: Autor

### 6.3.3 Manipulação das Amostras

As amostras serão manipuladas para serem retirada da broca e alocada nos tubos de Eppendorf.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Suporte para Tubo	1	35,00	35,00
Sensor Capacitivo	1	150,00	150,00
Suporte para Sensor	1	48,00	48,00
Motor Deslocador	1	78,00	78,00
Suporte Motor Deslocador	1	135,00	135,00
Pá de Deslocamento	1	260,00	260,00
		<b>Total</b>	<b>706,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 12: Custo de manipulação das amostras  
Fonte: Autor

## 6.4 GRUPO QUATRO: ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

### 6.4.1 Armazenamento das Informações

O custo para armazenamento das informações referisse ao PC utilizado dentro da sonda. Os dados ficarão armazenados em seu *Hard Disk* interno. Os custos serão compostos por PC industrial com a seguinte configuração mínima: *clock* interno de 2 Gigahertz, memória RAM de 2 Gigabytes e HD interno de 250 Gigabytes.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
CPU	1	1.600,00	1.600,00
Cabo de Energia	1	22,00	22,00
Conversor de Tensão	1	145,00	145,00
Sistema Operacional	1	340,00	340,00
Software: Banco de Dados	1	870,00	870,00
		<b>Total</b>	<b>2.977,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 13: Custo do armazenamento das informações  
Fonte: Autor

### 6.4.2 Processamento das Informações

Os custos para o processamento das informações estão embutidos nos custos para armazenamento das informações. O mesmo PC pode realizar as duas tarefas. Para dividir os custos, os valores dos softwares serão alocados nesses itens. Os softwares necessários para o processo serão: o pacote Office e o Windows XP pois os softwares OPC Server do PLC e do GPS somente aceitam essa plataforma.

## 6.5 GRUPO CINCO: INTEGRAÇÃO ENTRE OS DEMAIS GRUPOS

### 6.5.1 Integração dos Demais Sistemas

Todos os sistemas devem estar interligados para que as tarefas da sonda possam ser realizadas. Os custos de interligação baseiam nos custos de PLC e seus periféricos.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
PLC XGB - LS	1	2.670,00	2.670,00
32 Entradas Digitais	1	480,00	480,00
32 Saídas Digitais	1	370,00	370,00
4 Entradas Analógicas	1	1.080,00	1.080,00
4 Saídas Analógicas	1	1.230,00	1.230,00
Rack de Suporte	1	215,00	215,00
		<b>Total</b>	<b>6.045,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 14: Custo de integração dos sistemas  
Fonte: Autor

### 6.5.2 Recebimento das Tarefas a Serem Executadas

As informações serão recebidas através de uma interface homem-máquina. O seu custo é o principal item a ser considerado.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
IHM XGT Panel XP - LS	1	5.250,00	5.250,00
		<b>Total</b>	<b>5.250,00</b>

Valores em Reais - 2010

Quadro 15: Custo do sistema de recebimento das tarefas  
Fonte: Autor

## 6.6 CUSTOS CONSOLIDADOS

Os custos consolidados são as somas de todos os custos anteriores, mais os custos indiretos associados, como telefone, transporte e testes. Os custos consolidados servirão para buscar o valor junto a patrocinadores e financiadores do projeto.

Mesmo que atualmente a economia brasileira apresentar relativa estabilidade, para facilitar a obtenção de recursos, os valores serão apresentados em três diferentes moedas: real, dólar e euro.

Item	Valor Real	Valor Dólar	Valor Euro
Locomoção	4.701,00	2.541,08	1.741,11
Energia	2.448,08	1.323,29	906,70
Estrutura da Sonda	3.587,00	1.938,92	1.328,52
Análise do Ambiente para Navegação	5.018,00	2.712,43	1.858,52
Localização	2.037,00	1.101,08	754,44
Envio de Informações	11.900,00	6.432,43	4.407,41
Coleta do Material para Análise	3.917,00	2.117,30	1.450,74
Armazenamento das Amostras	2.098,00	1.134,05	777,04
Manipulação das Amostras	706,00	381,62	261,48
Armazenamento das Informações	2.977,00	1.609,19	1.102,59
Integração dos Demais Sistemas	6.045,00	3.267,57	2.238,89
Recebimento das Tarefas	5.250,00	2.837,84	1.944,44
Processamento das Informações	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>50.684,08</b>	<b>27.396,80</b>	<b>18.771,88</b>

Quadro 16: Custo consolidado total  
Fonte: Autor

## 6.7 PRINCIPAIS FORNECEDORES UTILIZADOS

Segue abaixo os principais fornecedores utilizados para referências futuras:

Tipo de Material	Fornecedor
Usinagem	Usimec Usinagem
Comando+PLC_IHM	LS Industrial System - LG Automação
Sensores	Sick Brasil
Componentes mecânicos	ATI Brasil
GPS	Site da Tomtom
Baterias automotivas	Site da Americanas
Painel Solar	Kyocera do Brasil
CPU	Site da Americanas
Materiais Elétricos	DW Elétrica

Quadro 17: Lista de Fornecedores  
Fonte: Autor

A lista dos fornecedores do Quadro 17, é a referência de preço utilizado no estudo. Os itens descritos podem ser adquiridos de outros fornecedores.

## 7 CONCLUSÃO

Os primeiros passos para a construção e teste da sonda robótica foram dados. As necessidades da equipe de agronomia e química foram levantadas. Desse modo o descritivo do projeto e as atividades que deveriam ser realizadas pela sonda foram elaborados.

O objetivo de propor soluções técnicas para as atividades da sonda robótica para análise do solo com prazo de execução reduzido e com gastos possíveis de financiamento (em torno de R\$ 60.000,00) foi alcançado. A elaboração do projeto da sonda envolve conhecimentos de diversas áreas dentro da engenharia, como eletrotécnica, telecomunicações, sistemas mecatrônicos, informática e mecânica. Muitas das soluções propostas levam em consideração a experiência do autor na área de automação. Ao dividir a construção em partes e grupos de estudos específicos para cada atividade, idéias novas poderão surgir e tornar o projeto mais completo, com custo menor ou até mais simples para ser construída a sonda.

A utilização das tecnologias de ponta no projeto foi descartada em alguns casos. O custo e o prazo para utilização tornariam a sonda um projeto fora do objetivo proposto. A utilização de sistemas com custos inferiores e de mais simples implementação foi à estratégia adotada. O conjunto de soluções técnicas alternativas ao estado da arte atual foi o melhor método encontrado para solucionar a equação entre custo, tempo e funcionalidade.

O levantamento dos custos compreendeu a busca de fornecedores que poderiam atender as necessidades levantadas. A utilização de componentes padrões torna os custos mais atrativos, visto que peças customizadas possuem custos superiores de produção. Desse modo, o trabalho focou na adaptação do projeto as peças comerciais. Com isso, os objetivos de custo da sonda podem ser alcançados.

No momento em que a sonda robótica for construída e puder ser usado para mapear o solo em grandes extensões de áreas cultiváveis, o objetivo final desse trabalho será alcançado. A partir desse momento, o consumo de fertilizantes serão os menores possíveis, evitando assim problemas ambientais e reduzindo o custo dos alimentos.

O custo para desenvolver a sonda ficou em R\$50.684,04 pelo estudo realizado. A viabilidade econômica da sonda pode ser constatada com a análise do estudo de caso da Usina Jalles Machado localizada no estado de Goiás. O valor para cada coleta é de R\$ 3,00. Considerando a área total da propriedade de 6500 há o valor total de amostra que deve ser retirada pelo método proposto no estudo é de 1625 amostras. O custo total nesse caso somente para a coleta das amostras em toda a propriedade e em cada safra seria de R\$ 4.875,00. Como nesse tipo de cultura são realizadas duas safras anuais, o valor que a sonda proporciona de economia anual é de R\$ 9.750,00 somente considerando o custo da coleta. O período da sonda para realizar todas as coletas nessa propriedade é de aproximadamente 2 semanas por safra. Portanto no ano a sonda seria usada somente durante 1 mês ficando 11 meses ociosos. Nesse tipo de situação, o retorno do investimento, ou pay-back, seria de 6 anos desconsiderando o custo de capital. No caso de uso da sonda constantemente, como por exemplo, através da utilização em conjunto entre 12 propriedades de igual tamanho, o retorno do investimento ocorreria em 6 meses.

## 7.1 TRABALHOS FUTUROS

O projeto foi elaborado pensando nos trabalhos futuros. Por se tratar de um projeto longo e complexo, a divisão das atividades tornou a possibilidade mais viável para a construção da sonda robótica.

Cada grupo enumerado nos capítulos cinco e seis deverá representar trabalhos futuros para a construção da sonda robótica.

Os trabalhos futuros são:

- 1) O grupo um descrito no trabalho que seria responsável pela locomoção, energia utilizada e estrutura da sonda. Esse grupo seria o primeiro a ser formado para a montagem da sonda. As principais áreas de conhecimento envolvidas nesse grupo é a engenharia mecânica e a engenharia elétrica.

2) O grupo dois descrito no trabalho seria para análise do ambiente para navegação, localização e envio de informações. Esse grupo poderia ser formado e trabalhar em paralelo com o primeiro grupo, ganhando assim tempo para o projeto da sonda. As principais áreas de conhecimento envolvidas são: a automação, a computação e a telecomunicações.

3) O grupo três descrito no trabalho seria para coleta de material para análise, armazenamento das amostras e manipulação das amostras. Esse grupo completa o trabalho do grupo um em relação à estrutura da sonda. As principais áreas de conhecimento envolvidas são: Automação e mecânica.

4) O grupo quatro descrito no trabalho seria para armazenamento e processamento das informações. As informações consistem em montar e alimentar um banco de dados ou até mesmo uma planilha. A principal área de conhecimento nesse caso é a área de computação.

5) O grupo cinco consiste em integrar os outros quatro grupos e o sistema com os seus usuários. É um grupo multidisciplinar, pois necessita conhecer um pouco de cada trabalho anterior e finalizar o projeto e a construção. As áreas de conhecimentos envolvidas são: a computação, a mecânica, automação, telecomunicações.

A melhor forma de execução dos trabalhos seria na ordem apresentada, visto que as informações de alguns dos trabalhos serão usadas em outros. Os primeiros grupos também devem ficar atentos com o projeto como um todo, pois deverão atender as necessidades dos grupos futuros.

## REFERÊNCIAS

BIANCHINI, Aloísio; MAIA, João C. de S.; MAGALHÃES Paulo S. G.; CAPPELLI, Nelson; UMEZU, Cláudio K. **Penetrógrafo eletrônico automático**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.6 no.2 Campina Grande 2002 Páginas 97-113.

BIRRELLA S.J., HUMMEL, J.W. **Real-time ISFET multi / FIA sistema de análise de solo com a extração automática de amostras**. Agricultural Research Service, 2001, Page(s) 1715-1735.

BLOOM, K.V. SMITH, L.C. ELLIOTT, C.A. BOERHAVE, S.J. **Precision farming from Rockwell** Int Position Location and Navigation Symposium, 1996., IEEE 1996. Pages: 1-5 EUA

CAICONG Wu; XIUWAN Chen; YUNXIA Han; SHUHUI Zhang, **System modeling and control of automatically variable rate fertilizer applicator** Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on **On page(s): 513 - 518** vol.1

FUJALKOWSKI, B. **All-weather and all-terrain intelligent vehicle for law enforcement applications** Intelligent Vehicles apos;94 Symposium, Proceedings of the Volume , Issue , 24-26 Oct. 1994 Page(s): 509 – 514

GRAHAM, Brad ; MCGOWAAN, Kathy. **Build your own all-terrain robot** .Mc Graw Hill. 2004 - 298 p.

KACHROO, Pushkin ; MELLODGE, Patricia. **Mobile Robotic Car Design** - Mc Graw Hill 2005 – 278 p.

**LS OPC SERVER**. V1.0. Primeira Edição. Seul, 2008.

MENEGATTI.L.A.A,KORNDORFER.G, **Estudo de Caso Sobre Investimento Agrícola: Oportunidades com Agricultura de Precisão**. Revista ALCOOLbrás, número 95 em Agosto de 2005, pags 78-95.

MOLIN. J.P. **Utilização de GPS em agricultura de precisão**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v17, n3, p121, mar, 1998.

MORAES, Cícero Couto de ;CASTRUCCI,Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial** São Paulo: Ed: LTC, 2001, 274 p.

MORETINI, Cristiano Alves. **Proposta - pré projeto protótipo “sonda robótica móvel para análise química de parâmetros fertilidade de solo tempo real - srmftr” visando aumentar resolução em mapeamento da agricultura de precisão.** Pesquisador autônomo, 2009, paginas 1-14.

NASA. **Past Mision.** Disponível :<http://www.nasa.gov/missions/past/index>. HTML. Acesso em 14 nov. 2009

PEREIRA, Luiz Arthur Malta. **Robô Autômato para monitoramento de rebanho e medição de forragem do pasto.** Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. 2009.

RAIL B.V. **Fertilidade do solo e adubação.** Campinas, Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1991. 93-94p.

SANTOS, H.L. & VASCONCELOS, C.A. **Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo.** R. Bras. Ci. Solo, 11:97-100, 1987.

TOMTOM, **Manuais.** Disponível : [HTTP://www.tomtom.com](http://www.tomtom.com). Acesso em 20 set.2009.

**TOMTOM USER´S MANUAL**, V1.2. Quarta edição. Ohio, 2008.

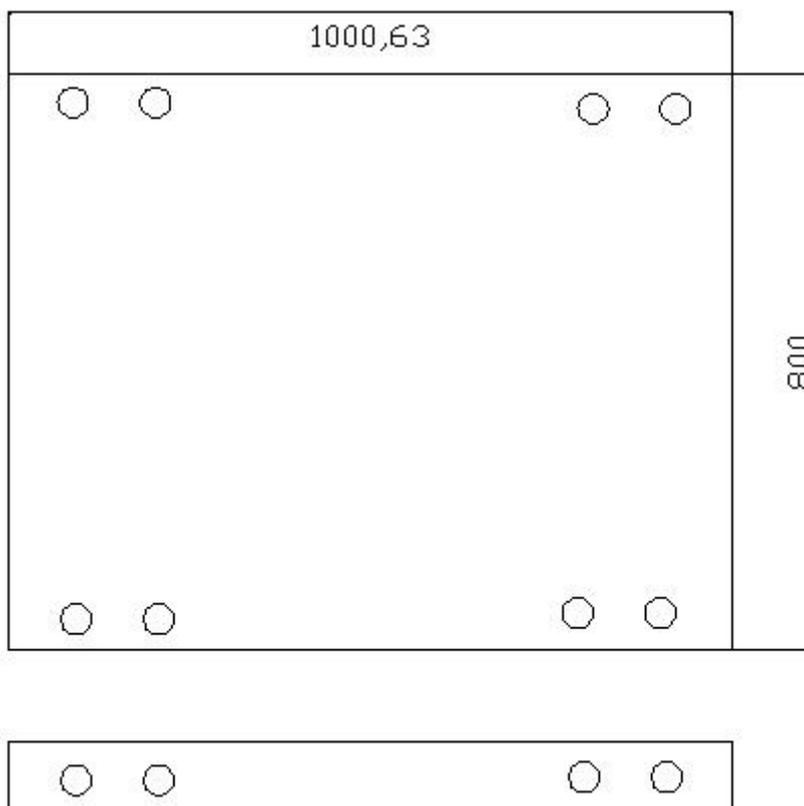
VATCHARADEJSAKUL, S.; THUMRUNGSAISAKUL, S.; TACHAPLALERT, W.; TANGMANKHONG, K.; TOOMNARK,S. **Low cost sensory based intelligent vehicle algorithm.** Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 2008. ECTI-CON 2008. 5th International Conference on Volume 2, Issue , 14-17 May 2008 Page(s):653 – 656

VERBURG, D.J.; VAN der Knaap, A.C.M.; PLOEG, J. **EHIL: developing and testing intelligent vehicles.** Intelligent Vehicle Symposium, 2002. IEEE Volume 2, Issue , 17-21 June 2002 Page(s): 537 - 544 vol.2

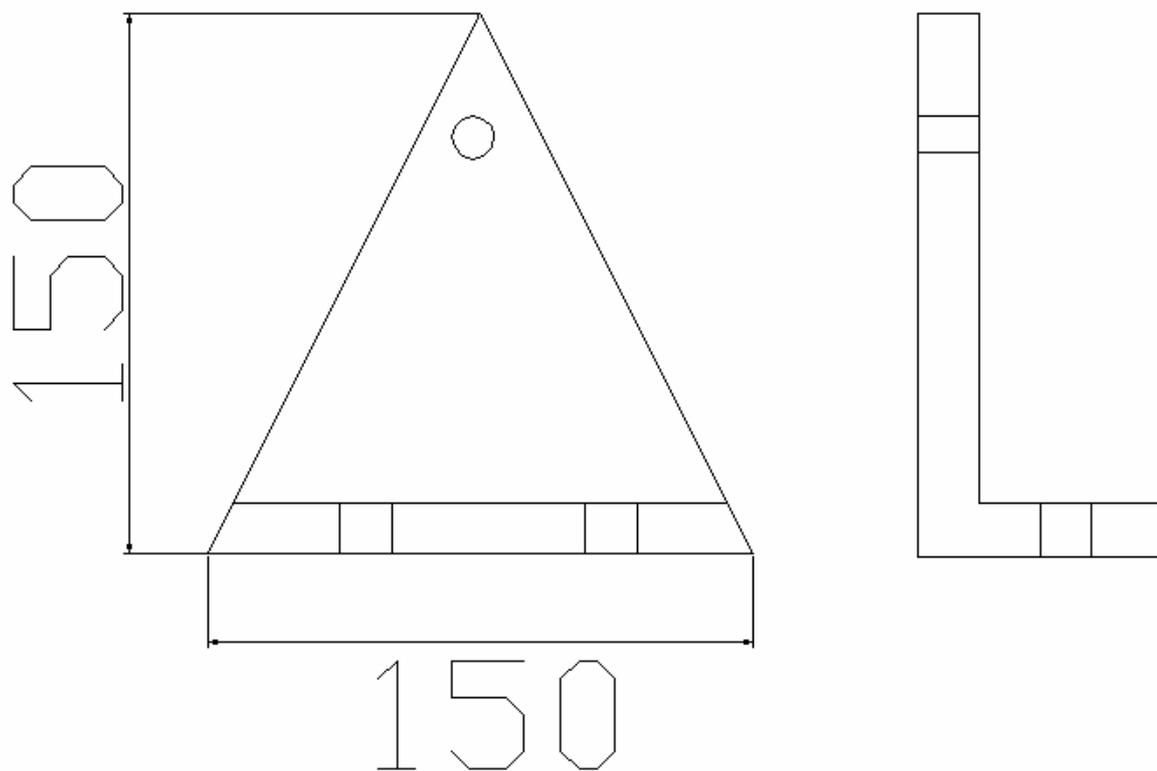
**XGK/XGB INSTRUCTION.** V1.4. Terceira Edição. Seul, 2008.  
**XP BUILDER USER´S MANUAL.** V1.0. Seul,2007.

**XP DEVICE.** V1.0. Primeira edição. Seul,2004.

**XEC HARDWARE MANUAL.** V1.0. Primeira Edição. Seul, 2009.

**APÊNDICE****APÊNDICE A - BASE DA Sonda**

## APÊNDICE B - MANCAL PARA EIXOS



## APÊNDICE C - SUPORTE MOTOR

