



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



**Desenvolvimento de Protótipo de Base Móvel para Aferição/Calibração de
GPS no Campo de Testes da Universidade de Kentucky, EUA**

Trabalho de conclusão de curso

Rafael Torres do Nascimento

Orientador:

Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento.

Campina Grande, Paraíba.

Dezembro / 2011



N244d Nascimento, Rafael Torres do.

Desenvolvimento de protótipo de base móvel para aferição / calibração de GPS no Campo de Testes da Universidade de Kenruky, EUA. / Rafael Torres do Nascimento. - Campina Grande - PB: [s.n], 2011.

22 f.

Orientador: Professor Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Sensoriamento remoto. 2. Sistema de Posicionamento Global - GPS. 3. Protótipo de base móvel. 4. Aferição de GPS. 5. Calibração de GPS. 6. Geotecnologia. 7. Sistema de Informações Geográficas. 8. Satélites artificiais. 9. Erro de multitrajetória - GPS. 10. Erro de multicaminho - GPS. I. Nascimento, José Wallace Barbosa do. II. Título.

CDU:528.8(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

**Desenvolvimento de Protótipo de Base Móvel para Aferição/Calibração de
GPS no Campo de Testes da Universidade de Kentucky, EUA**

Rafael Torres do Nascimento

**Trabalho Científico submetido a
apresentação como TCC como parte
integrante dos requisitos necessários à
obtenção do título de Engenheiro Agrícola,
outorgado pela Universidade Federal de
Campina Grande.**

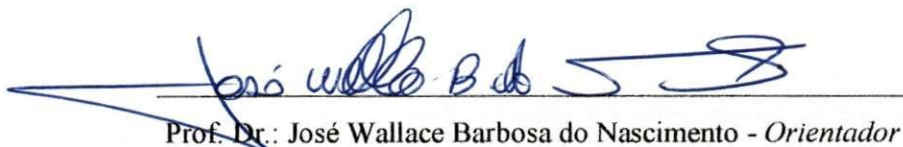
Julgado em, 07 / 32 / 2011

Nota: 9,5 (NOVE, CINCO)




Rafael Torres do Nascimento

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr.: José Wallace Barbosa do Nascimento - *Orientador*



Prof.^a Dr.^a: Soahd Arruda Rached Faria, - *Avaliadora*



Engenheiro Agrícola: Fernando Antônio Melo da Costa - *Avaliador*

Desenvolvimento de Protótipo de Base Móvel para Aferição/Calibração de GPS no Campo de Testes da Universidade de Kentucky, EUA

Rafael Torres do Nascimento⁽¹⁾, José Wallace Barbosa do Nascimento⁽²⁾, Tim Stombaugh⁽³⁾

RESUMO

A necessidade de localização do ser humano acompanha sua evolução, desde o momento em que fixou residência a necessidade de ter uma referência de pra onde seguir ou como voltar impulsionou a busca por tecnologias de sistemas de orientação. Dentre os diversos métodos de orientação como o uso dos astros (sol, lua e estrelas), a bússola e do sistema de posicionamento global – GPS, o de maior aplicação atualmente é o GPS. Dentre os citados o sistema GPS é o que oferece maior precisão, em relação aos demais, e também possui funcionamento 24 horas por dia independente das condições climáticas. O presente trabalho foi realizado com a finalidade de desenvolver um protótipo de base móvel para ser usado na coleta de dados no campo de testes da Universidade de Kentucky e a partir deles fazer modelagens matemáticas para diminuir erros e assim tanto aferir como calibrar receptores GPS. Após testes o protótipo apresentou oscilação horizontal máxima de 14cm, tempo de extensão e retração de 1:35 minutos e 1:32 minutos respectivamente, atingiu a altura máxima de 2,2 metros e mínima de 0.5 metro além de apresentar perfeita acoplagem ao vagão do comboio do sistema de testes.

Termos de indexação: *GPS, base móvel, protótipo.*

INTRODUÇÃO

Quando o homem deixou a condição de nômade e resolveu fixar residência em determinadas áreas ele passou a necessitar consideravelmente de orientação no espaço onde ocupava, quando saía para caça, guerras ou fugindo momentaneamente necessitava de pontos de referência para encontrar o caminho de volta para sua tribo, com o passar dos anos as árvores, montanhas, rios e lagos usados como referência no passado já não eram suficientes realizada foi então quando iniciou-se a observação de astros e estrelas, no decorrer de muito tempo os viajantes usaram com frequência esse artifício, as principais referências eram o Sol, a Lua e as estrelas. O acúmulo destes conhecimentos deu origem à rosa dos ventos, que teria sido inventada pelos etruscos em 600 AC e que foi usada pelos portugueses até o século 15, quando se difundiu o uso da bússola (MONTENEGRO, 1995). “Com o início das navegações encontraram alguns problemas para utilizar os antigos métodos, pois em dias/noites nublados ou chuvosos os astros anteriormente usados ficavam encobertos impossibilitando a orientação foi então que os chineses inventaram a bússola por volta do ano de 850” (FPO). A bússola que representa um marco nos instrumentos de orientação até hoje ainda usada, porém ela possuía alguns pontos falhos que impossibilitavam um sistema de navegação preciso, como é o caso da declinação magnética. “O norte magnético, para onde a agulha aponta, não se situa exatamente no Polo Norte definido pelos meridianos a declinação existe porque o polo norte e o polo magnético não coincidem. Esta declinação varia consoante o local do mundo, em certas zonas do Canadá ultrapassa os 40 graus, mas, por exemplo, na Escandinávia ela é desprezável” (FPO)mas com o advento das novas tecnologias ela passou a ficar a parte com o desenvolvimento do Sistema de Posicionamento Global - GPS.

A ideia da utilização de corpos celestes para navegação acompanha o homem desde os primórdios da humanidade, e, ao que tudo indica, este continuará durante muito tempo utilizando corpos celestes para se orientar, mas, agora, utilizando corpos dispostos convenientemente no espaço e sob seu inteiro controle. O caminho para uma solução ampla foi dado através de pesquisas realizadas nas décadas de 70 e 80, pela Força Aérea dos Estados Unidos, que levaram ao desenvolvimento de um sistema de navegação por satélites denominado GPS.

As observações de satélites artificiais iniciaram-se aproximadamente na década de sessenta. Os satélites geodésicos são observados com dois propósitos: navegação e posicionamento. Nos dois casos o que se quer é a posição de um ponto (SILVA, 1996). Para

se utilizar um sistema de posicionamento um sistema de coordenadas deve ser adotado e neste caso foi o sistema de coordenadas cartesiano onde os eixos X, Y e Z referem-se a longitude variando de 0 a 180 graus leste (+) e oeste (-) do meridiano de Greenwich, latitude de 0 a 90 graus Norte e Sul da linha do Equador e a altitude em relação ao nível do mar, respectivamente.

Para se determinar a posição precisa de um ponto na superfície terrestre se faz necessário a escolha de umas das representações de globo, a superfície da terra é totalmente irregular, como pode ser vistos nas figuras 1 e 2, então para uma melhor representação deve-se escolher entre as formas esferoide (forma aproximada), geóide (forma verdadeira) e elipsóide (forma mais aproxima dada) (CRUZ 2002), no caso de confecção de mapas e sistemas de posicionamento escolheu-se o sistema elipsoide onde cada país procurou o que melhor representava as condições do local.

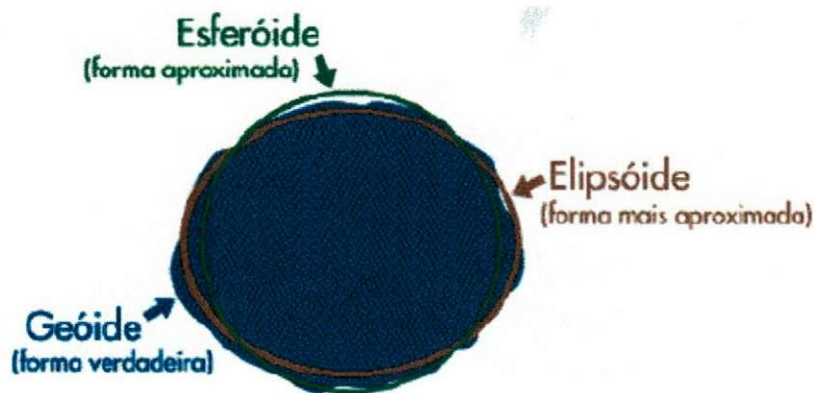


Figura 1. Imagem mostrando diferentes representações do globo terrestre. Fonte: Cruz 2002

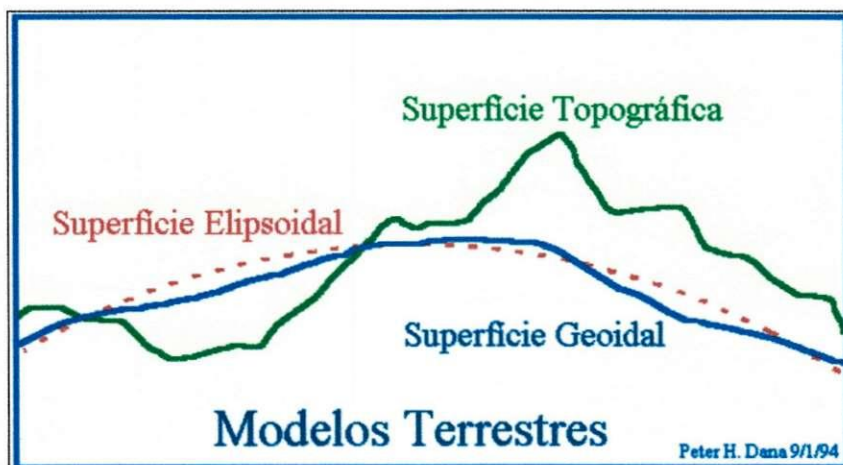


Figura 2: Imagem representando a superfície terrestre e suas representações. Brandalize 2004.

O IBGE através da sua Coordenação de Geodésia, tem a atribuição de estabelecer e manter o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, que é necessário para a localização e representação cartográfica em território nacional: “ O SGB é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre (continental e oceânica) delimitada pelas fronteiras do país – pontos estes que são determinados por procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatível com as finalidades a que se destinam.” (IBGE). Foi estabelecido que, a partir de 1977, o datum brasileiro a ser empregado em toda representação cartográfica seria o SAD 69.

O uso do GPS pela comunidade civil e científica foi logo iniciado, o que propiciou seu rápido desenvolvimento. Em razão de sua precisão e do grande desenvolvimento da tecnologia dos receptores, surgiram aplicações para uso civil, tais como: navegação, geodésia, topografia, sinais de tempo, etc. O Serviço de Posicionamento Padrão – SPS (Standard Positioning Service) disponibiliza os sinais para uso civil 24 horas por dia, em qualquer lugar, possibilitando a obtenção da componente temporal (data e hora) e coordenadas (f, l, e h) com precisão nominal de 20 e 30 m para as componentes horizontal e vertical respectivamente, em 95% do tempo, quando o sistema é degradado intencionalmente esta precisão vai a 100 e 156 metros respectivamente.

O Sistema GPS subdivide-se em três segmentos: espacial, de controle e do usuário. O Segmento Espacial é constituído de 24 satélites GPS, em órbita em torno da Terra (FORTEZ, 1994); Segmento de Controle, o sistema GPS conta com um conjunto de 5 estações rastreadoras fixas espalhadas pelo globo nas proximidades da linha do Equador; Segmento Usuário: é constituído pelos receptores GPS e comunidade de usuários. Os receptores convertem os sinais dos satélites em estimativas de posições, velocidade e tempo (Thorton, 1997).

As principais fontes de erros no sistema GPS são os erros de relógio, erros devido a atmosfera, erros de multitrajetória, erros de recepção, de geometria dos satélites e de disponibilidade seletiva.

O erro de relógio é caracterizado pelo fato do relógio do satélite necessitar ter uma precisão muito elevada e por isto eles são equipados com relógios atômicos muito precisos já o relógio o receptor contém erros, pois é menos preciso que o relógio do satélite, causando uma diferença entre o tempo recebido e o tempo do sistema GPS. No caso do erro devido a atmosfera, este acontece porque teoricamente as ondas emitidas viajam à velocidade da luz, o que ocorre somente no vácuo. Ao entrar na troposfera estas ondas diminuem a velocidade,

principalmente ao atravessar as partículas que se encontram na ionosfera ou quando atravessa o vapor d'água na troposfera. Alguns receptores adicionam um fator de correção para uma viagem típica através da atmosfera, minimizando este erro. No entanto estes fatores são muito variáveis, acumulando mais erros.

Quando o sinal GPS finalmente chega a superfície da Terra, ele pode refletir muito remotamente nas obstruções locais antes de ser captado por nossas antenas receptoras. Este tipo de erro é chamado “erro de multitrajetória ou multi caminho. Os erros de recepção acontecem pelo fato dos receptores não possuírem um relógio tão preciso quando os dos satélites. Um erro muito maior do que os discutidos anteriormente é um erro intencional provocado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos com o nome de disponibilidade seletiva (Selective Availability - SA). Este erro foi introduzido com o objetivo de que nenhuma força hostil utilizará a precisão do GPS contra os EUA ou aliados.

Desta forma na tentativa de redução de erros e aumentar a precisão foi desenvolvido um protótipo de base móvel para um receptor GPS com intuito de em testes no campo coletar dados para fazer modelagem matemática a ser usada nas correções do sistema.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade de Kentucky, em Lexington, Kentucky – EUA que possui clima temperado com verões quentes e invernos relativamente frios, a temperatura não varia muito nas diversas partes do estado. A temperatura média no estado durante o inverno é de -2 graus célsius e no verão de 28 graus célsius, a taxa de precipitação média anual é de 1170 mm e de 300 mm de neve.

O protótipo terá que atingir uma altura máxima de 2,2 metros e mínima de 0,5 metro, possuir uma oscilação horizontal máxima de 15 cm para que não ocorra perda de sinal do receptor durante os testes, o tempo máximo de extensão ou retração deverá ser aproximadamente 25 segundos valor referente ao tempo necessário que um trator a velocidade de 4 m/s venceria a declividade de todo o campo de testes e deverá ter acoplamento perfeito ao vagão que faz parte do sistema de testes figura 03.

O campo de teste, figura 04, está localizado na fazenda experimental da UKY (Universidade de Kentucky) o sistema será confeccionado na oficina e centro de produção de equipamentos da UKYde com intuito de acoplar um sistema de base móvel de receptor GPS ao mini vagão Figura 3 do comboio que forma o sistema de teste figura4.



Figura 03. Comboio de testes composto por motor, receptores e trilho delimitando o percurso
Fonte: Tim Stombaugh.



Figura 04. Campo de testes mostrando a declividade suave do terreno e o trilho que delimita o percurso do comboio. Fonte: Tim Stombaugh.

Para se determinar o modelo a ser construído foram analisados duas diretrizes principais um sistema estilo telescópio figura 05 e sistema estilo tesoura 06.



Figura 05. Fonte: Zenith-Land Industrial



Figura 06. Fonte: Engineers Edge

O sistema estilo telescópico é bastante elegante porém apresenta algumas limitações. Para atingir a altura máxima o sistema necessitaria de uma bem robusta o que dificultaria o acoplamento ao vagão do comboio. No tocante a altura mínima seria mais uma dificuldade uma vez que para se atingir altura máxima seria necessário trechos telescópicos longos e quando os mesmos fossem retraídos acabariam muito próximo ou superior ao valor de altura mínima. No tocante ao acionamento o mesmo seria feito por sistema hidráulico o que seria mais um inconveniente para se adaptar ao sistema. O sistema de tesouras apresenta estrutura bastante simples e de fácil construção, apresenta diversas maneira de acionamento como hidráulica, o caso da figura 06, elétrico e misto, pode ser concebido de diferentes tamanhos e matérias desde metais até madeira.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo a base de tesouras foi o escolhido por estar mais propicio a atingir as dimensões da base, bem como o mesmo poderia ser acionado por um mecanismo mecânico sem maiores complicações, neste caso foi adotado um motor elétrico de 1/3 de cv com acionamento por controle remoto e alimentação via cinzeiro de veículos (alimentação 12 v) figura 07.

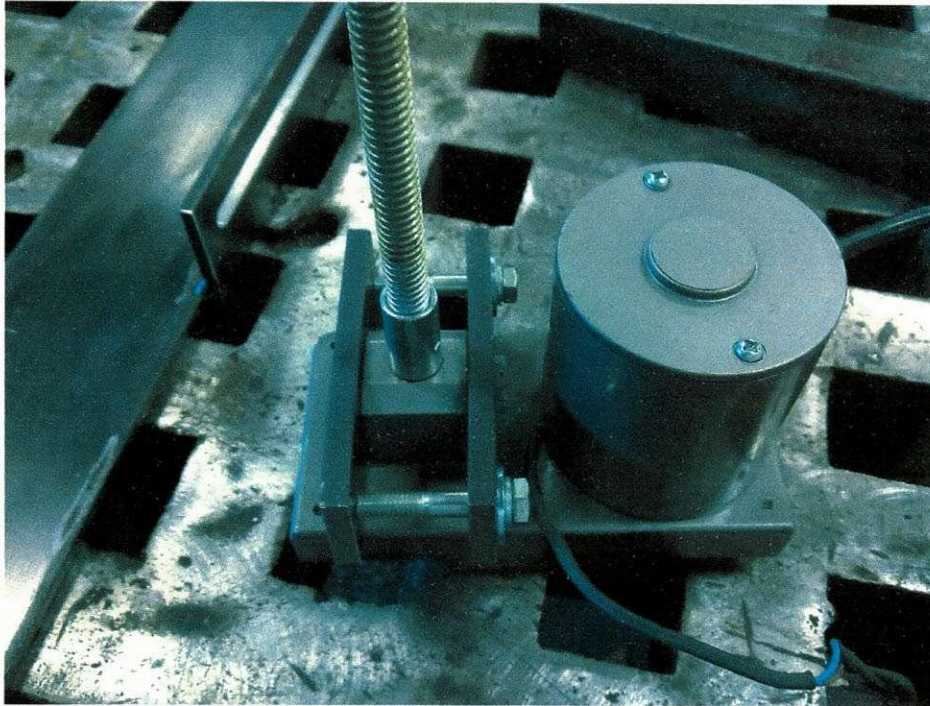


Figura 07: Motor a ser usado para prover movimento

Com o conceito de tesoura foi construído o protótipo em alumínio com base fixa em aço, braços e base superior em alumínio figura 08. Os detalhes construtivos como dimensões das peças, modelo construtivo e lista de material se encontram no apêndice.

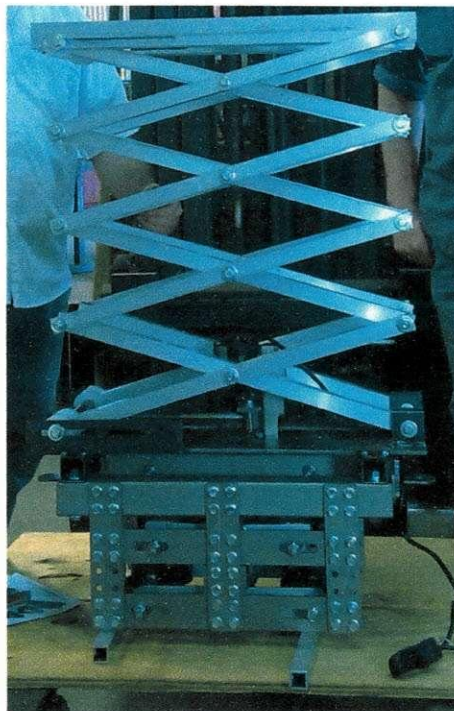


Figura 08. Protótipo montado.

Após a construção do sistema foram feitos alguns testes em laboratório como a oscilação do centro da base superior totalmente estendida em relação ao centro da base inferior. Com a base inferior ancorada no vagão do comboio verificou-se a oscilação da base superior sem haver movimentação da base inferior e denotou-se uma oscilação horizontal da ordem de 14cm tanto para esquerda quanto para direita como demonstrando na figura 09.

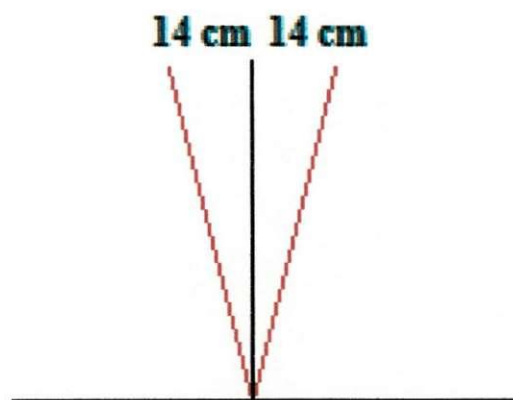


Figura 09. Oscilação da base superior.

Avaliou-se também com relação ao tempo de extensão e tempo de retração. Foram feitas 10 repetições para cada situação como pode ser visto no gráfico 01.

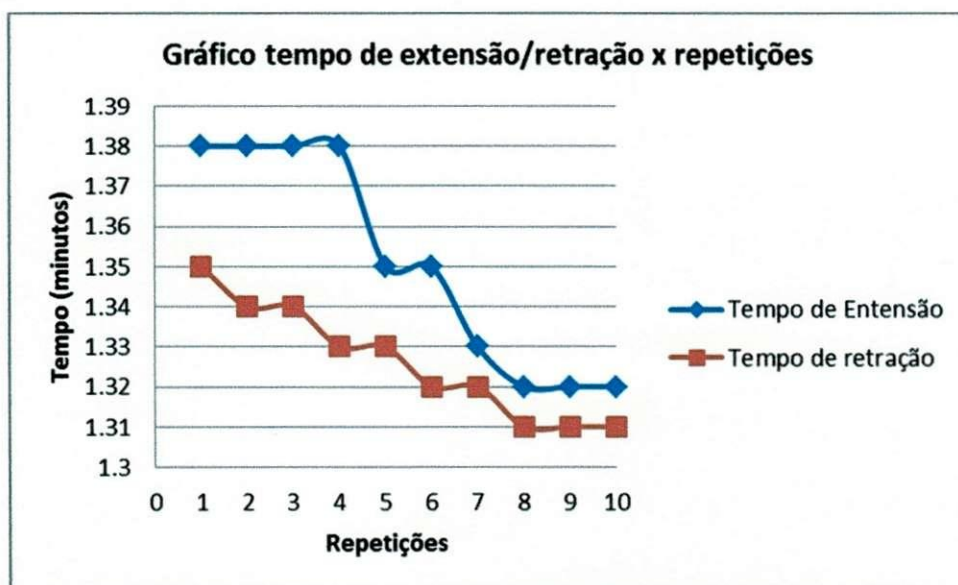


Gráfico 01. Comportamento do protótipo durante extensão/retração do tempo em função das repetições.

Com relação às dimensões do sistema móvel verificou-se que o mesmo obteve encaixe perfeito no vagão do comboio do sistema de testes, tanto em relação às dimensões da base quanto às alturas a serem atingidas tanto na extensão quanto na retração do sistema.

CONCLUSÕES

Baseando nos resultados obtidos e através dos métodos usados na avaliação protótipo de base móvel para receptor GPS construído, chegaram-se às seguintes conclusões:

1. O protótipo possui dimensões adequadas a ser usado no sistema de testes para aferição/calibração de sistemas GPS figura 10 do apêndice;
2. O valor de oscilação horizontal máxima encontrada (14 cm) está dentro da faixa esperada (15 cm), porém observou-se que ainda pode ser feito um ajuste fino nos parafusos e arruelas do sistema para diminuir esta faixa.
3. O tempo de extensão médio foi de 1 minuto e 35 segundos o que é relativamente longo para a necessidade do sistema (25s), porém este valor pode ser reduzido facilmente substituindo o motor em operação por um de rotação mais elevada do que o atual.
4. O tempo de retração médio foi de 1 minuto e 32 segundos, este foi ligeiramente menor que o anterior por possuir a força de atração gravitacional no mesmo sentido do movimento, a variação não foi maior devido a velocidade de rotação do motor em uso.
5. Em estudos posteriores deve-se atentar para substituição do motor por um de maior rotação e deve se feito um ajuste fino nos parafusos e arruelas bem como tentar desenvolver mecanismo que ajude no tocante a estabilidade quando o protótipo estiver totalmente expandido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDALIZE, M.C.B. *Topografia*. PUC/BR Disponível em: www.topografia.com.br. Acessado em novembro de 2011.

CRUZ, C.B.M; PINA, M. F. *Fundamentos de Cartografia*, CEGEOP Unidades didáticas 29 a 41. Volume 2. Rio de Janeiro: LAGEOP / UFRJ, 2002.

ENGINEERS EDGE, disponível em http://www.engineersedge.com/mechanics_machines/scissor-lift.htm, acessado em Novembro de 2011.

FEDERAÇÃO PORTUGUESA DE ORIENTAÇÃO (FPO), http://www.fpo.pt/o_que_e/material_bussola.html consulta em 15 de novembro de 2011.

FORTES, L. P. S.; *Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS (Preliminares)*, notas de aula, 1994.

FUNDAÇÃO IBGE. *Noções Básicas de Cartografia*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia>. Acessado em novembro de 2011.

MONTENEGRO, L.; *O GPS na Navegação Marítima*. Fator GIS a revista do geoprocessamento ano 3, Novembro de 1995.

SILVA, A. S. *Geodésia por Satélite*. Apostila da disciplina – Geodésia por Satélite, Universidade Federal de Viçosa, 1996.

THORTON, Jonathan - *Apostila sobre GPS*, S. Paulo - SP – 1997

TIM STOMBAUG, disponível em http://webmail.bae.uky.edu/~tstomb/gps_test_track.htm, acessado em Novembro 2011.

ZENITH-LAND INDUSTRIAL, disponível em <http://www.zenith-land.com/product.asp?id=TELESCOPIC%20BOTTLE%20JACK&idsdf=23>, acessado em Novembro de 2011.

APÊNDICE

Listagem de Material	
Braços de alumínio	16
Base Fixa	1
Eixo	1
Base superior	1
Rodas de 1"	2
Arruelas	24
Parafusos (6mm por 2.5")	30
Barra de ligação base superior 7.25"x 3"	2
Barra guia 25"x 2"	2

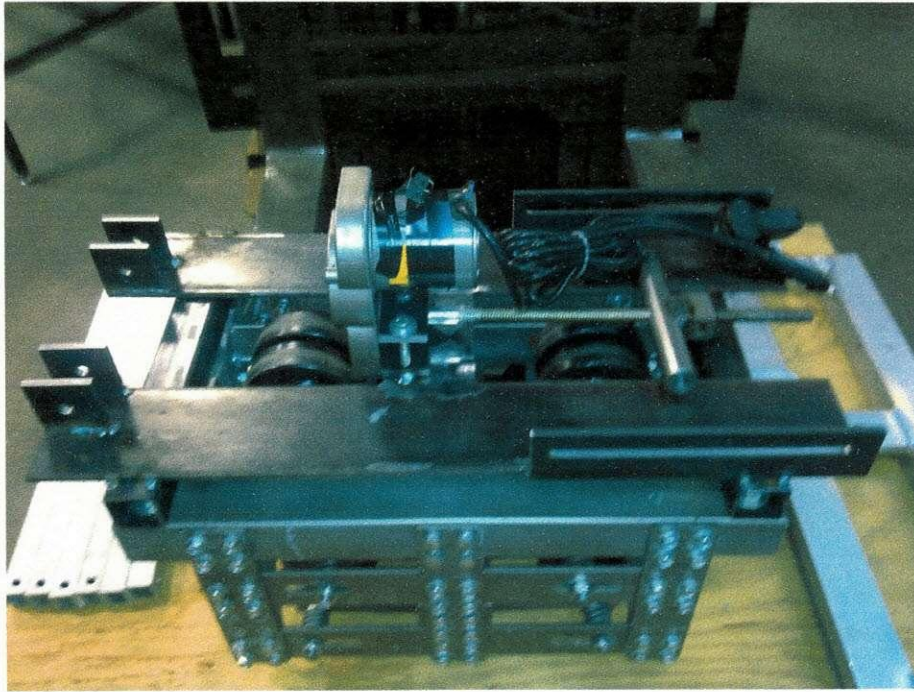
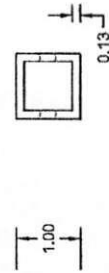
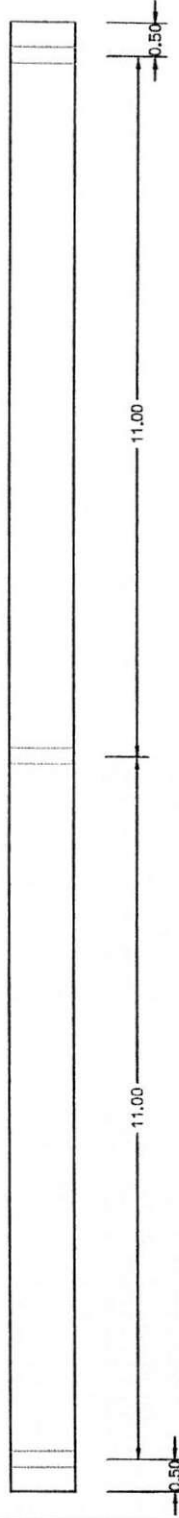
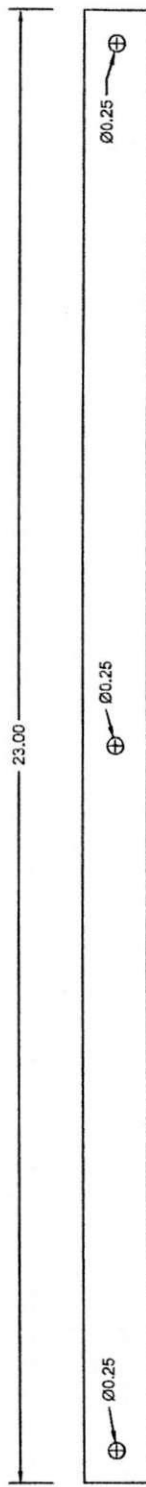


Figura 10: Acoplagem da base do protótipo ao vagão.

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Braço

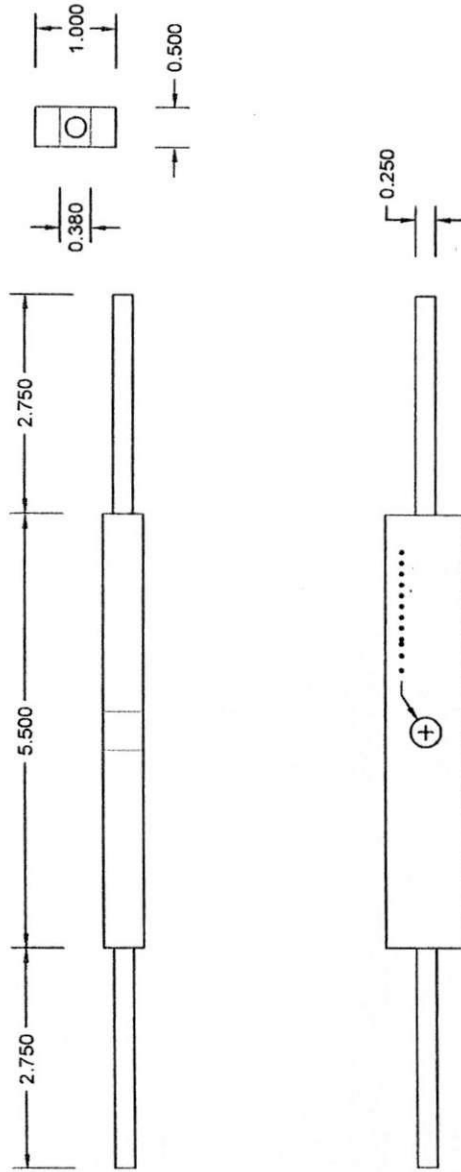


Universidade Federal de Campina Grande Centro de Ciências e Tecnologia Unidade Acadêmica de Engenharia Aplicada	Disciplina: TCC Projeto Alia Treca Orientador: José Wallace Barbosa de Menezes Projeto: Mesa móvel para CRG Data: 11/09/2011	Data: Dezembro / 2011
Aluno: Rafael Torres de Albuquerque	Escola: Indicação	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Eixo

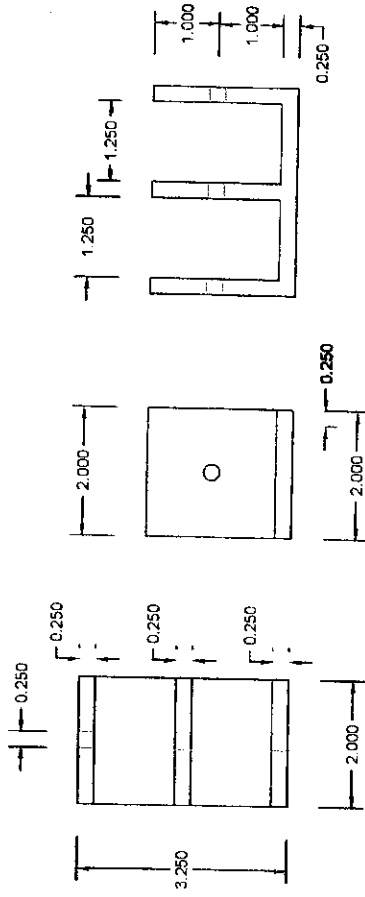


Universidade Federal de Campina Grande Centro de Ciências e Tecnologia Universidade Acadêmica de Engenharia Aplicada	Disciplina: TCC	Data: Dezembro / 2011
Orientador: Jessi Wallace Brito de Nascimento Projeto: Base móvel para GPS Detalhe: Eixo	Escala: Indicadas	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Base Fixa

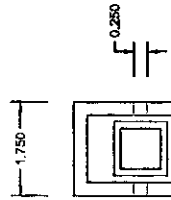
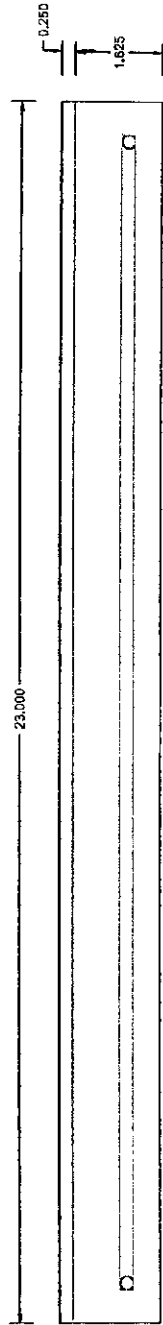


Universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciência e Tecnologia Unidade Acadêmica de Engenharia Aplicada		Data: Dezembro / 2011
Disciplina:	TCC	
Orientador:	José Valter de Bastos de Nascimento	
Projeto:	Base móvel para GPS	
Destino:	Base Fixa	
Aluno:	Rui de Jesus de Almeida C.P.F. 12.123.456.789-01	Escala: Indeterminada

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Base superior

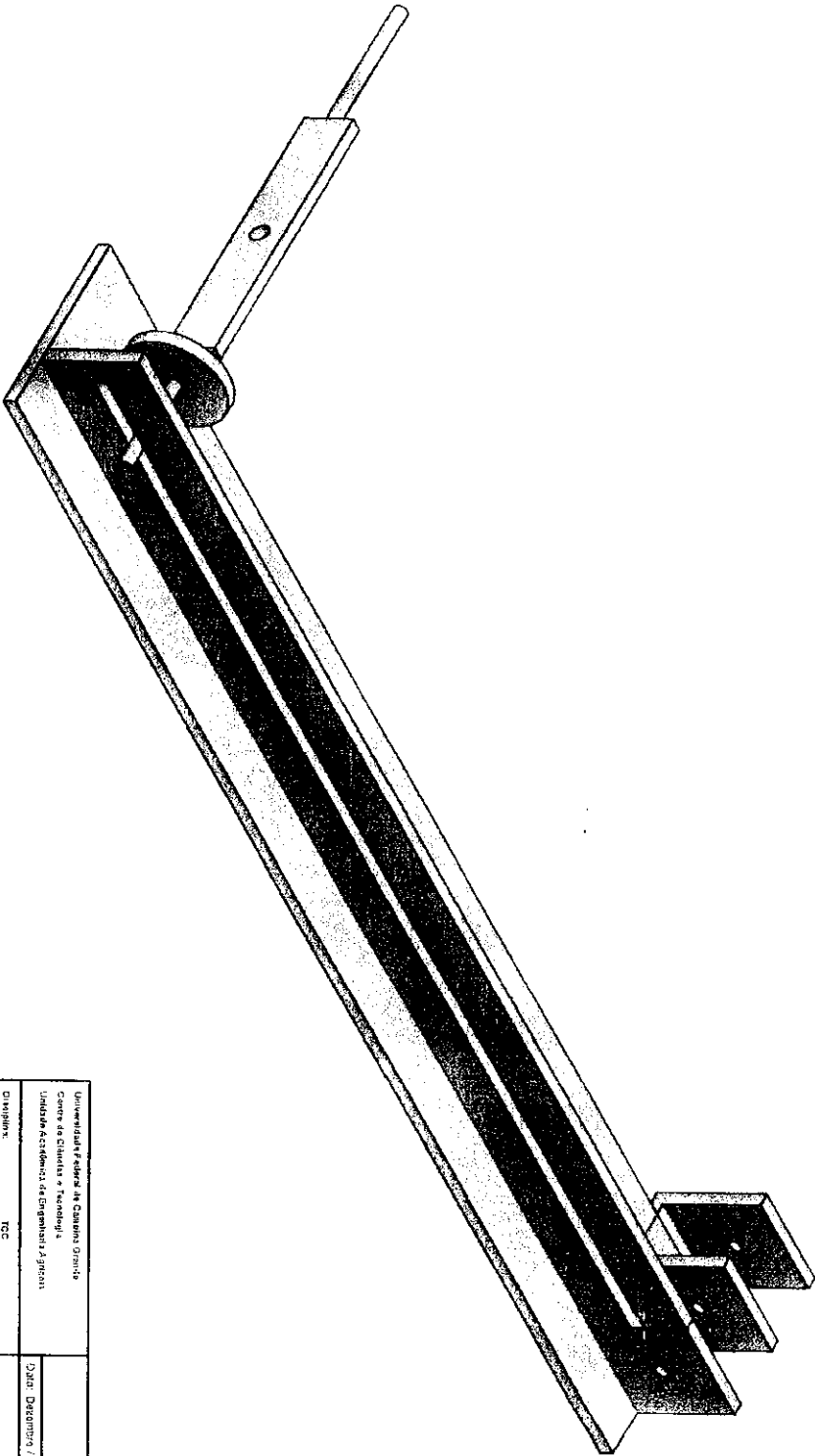


Universidad Estatal de Campinas - Unesp Faculdade de Engenharia - FEA Unidade Acadêmica de Engenharia Aplicada		Data: 23/08/2011
Disciplina: TCC	Orientador: José Wallace Barbosa de Assunção Projeto: Base móvel para QRS Colaborar: Base superior	
Aluno: Rafael Torres de Macielino	Escola: Ilhópolis	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



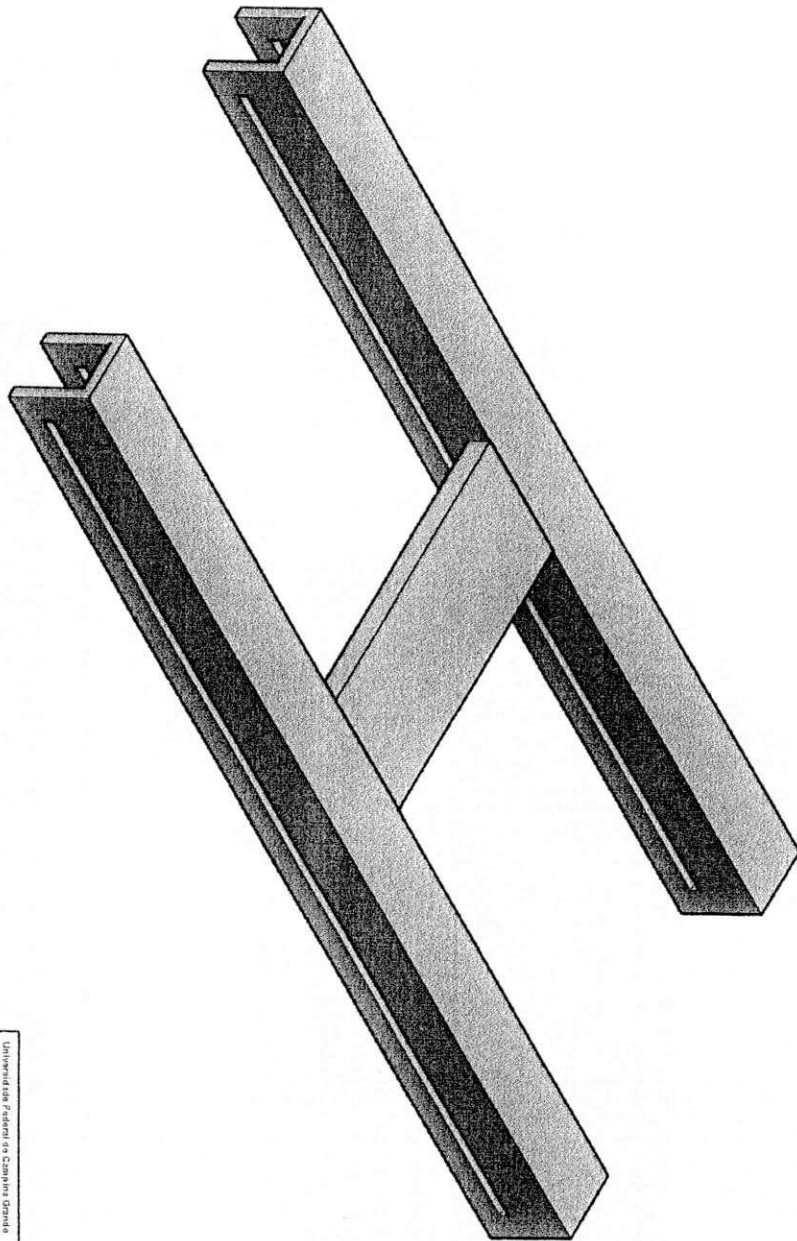
Universitat Federal de Colombia - Grande	
Centro de Ciencias e Ingeniería	
Unidad Académica de Ingeniería y Física	
Disciplina:	TCC
Orientador:	Jairo Muñoz-Bernales no Matriculado
Proyecto:	Diseño de un sistema de
Objetivo:	Diseño de un sistema de
Alumno:	Diego Torres de Narváez
	Escuela: Ingeniería

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

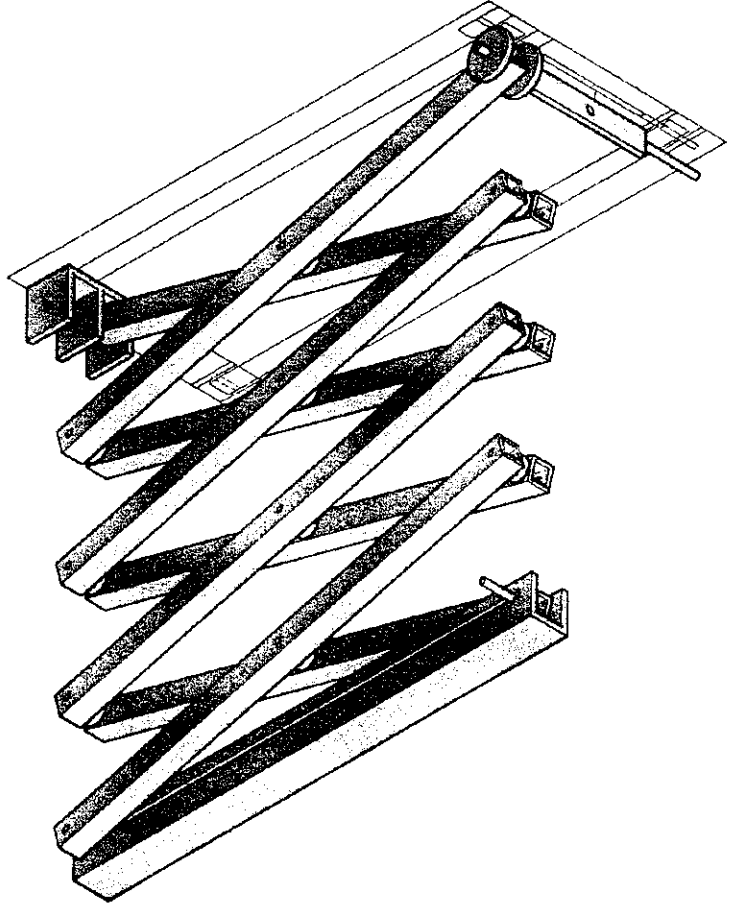


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Universitat Politècnica de Catalunya Campus de Diagonal i Terrassa Unitat Acadèmica de Enginyeria Agrícola		Data: Desembre / 2011
Disciplina:	TCC	
Orientació:	Jesús María Barrios de Alarcón	
Projecte:	Bramador para GPS	
Què és:	Bran superior	
Alumne:	Enric Tarrés de Nadal	Escala: Indefinida

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Universidade Federal de Campina Grande Centro de Ciências e Tecnologia Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola	Projeto: Banco de Dados para ODS Lateral	Aluno: Felipe Torres de Macedo	Escola: Indicações
Universidade Federal de Campina Grande Centro de Ciências e Tecnologia Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola	Orientador: José Valério Dantas do Nascimento	Disciplina: TCC	
Prática:			
DATA: Dezembro / 2011			

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100