

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

WALTAGAN WILTON LOPES JUNIOR

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROCESSO DE
QUANTIFICAÇÃO DE CARGAS E DESCARGAS EM OBRAS
DE TERRAPLANAGEM EM AMBIENTE URBANO
UTILIZANDO TECNOLOGIA GPS**

ANÁPOLIS - GO

2015/2

WALTAGAN WILTON LOPES JUNIOR

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO DE CARGAS
E DESCARGAS EM OBRAS DE TERRAPLANAGEM EM AMBIENTE URBANO
UTILIZANDO TECNOLOGIA GPS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcus Vinícius Silva Cavalcanti

ANÁPOLIS - GO: 2015/2

FICHA CATALOGRÁFICA

LOPES JUNIOR, WALTAGAN WILTON.

Análise da viabilidade do processo de quantificação de cargas e descargas em obras de terraplanagem em ambiente urbano com tecnologia GPS

66P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015/2).

TCC – UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LOPES JUNIOR, W. W. Análise da viabilidade do processo de quantificação de cargas e descargas em obras de terraplanagem em ambiente urbano com tecnologia GPS. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 59p. 2015/2.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Waltagan Wilton Lopes Junior

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise da viabilidade do processo de quantificação de cargas e descargas em obras de terraplanagem em ambiente urbano com tecnologia GPS

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2015/2.

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Waltagan Wilton Lopes Junior
E-mail: waltagan.junior@kraftheinzcompany.com

WALTAGAN WILTON LOPES JUNIOR

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO DE CARGAS
E DESCARGAS EM OBRAS DE TERRAPLANAGEM EM AMBIENTE URBANO
UTILIZANDO TECNOLOGIA GPS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**Prof. Dr. Marcus Vinícius Silva Cavalcanti, (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**

**Profª. Drª. Ana Lúcia Carrijo Adorno, (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**Profª. Espª. Andréa Lúcio Queiroz, (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 09 de dezembro de 2015.

Dedico este trabalho a todos os professores que me auxiliaram na trajetória até aqui. Aos meus pais que não mediram esforços para que eu chegasse até este momento, que com amor e compreensão, não me deixaram desistir, sempre confiaram e acreditaram em meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço meus pais, meus mestres de vida, e minha irmã por todo amor, compreensão e força, por lutarem tanto por mim, por estarem sempre ao meu lado, entendendo e me apoiando, nos momentos de angústia, nervosismo. Acreditaram e confiaram em mim, e por isso devo dividir com vocês essa minha grande realização.

A meu grande amigo e parceiro, João Paulo Pires, que me mostrou o que é a amizade independente das diferenças e mesmo não concordando com meus pontos de vista me apoiou em minhas decisões.

A todos os amigos, feitos dentro e fora da sala de aula, que tornaram tudo sempre mais divertido e prazeroso. Por compreenderem meus momentos ausentes e não desistirem de mim. Agradeço de coração, a todos meus professores que me ajudaram a entender o valor de uma base teórica bem construída e o valor que a mesma possui no exercício da nossa profissão.

Agradeço especialmente aos seguintes professores: Evaldo, Carmem Lúcia e Marcus Vinicius, que me ensinaram que o essencial não são as respostas que conseguimos e sim as perguntas que nos levam até elas.

A todos que colaboraram direta e indiretamente para a realização desse projeto de vida tenha se tornado possível, eu digo um muito obrigado!

Waltagan Lopes

RESUMO

A gestão em obras de terraplanagem é um tema de bastante relevância, tendo-se em vista a frequência e impacto que tais serviços possuem em obras de engenharia. Nesse sentido, a coleta de dados precisos é fundamental para realização de uma gestão eficiente.

Para esse projeto, elaborou-se um protótipo utilizando-se tecnologia GPS e Arduino para automatização do apontamento em obras de terraplanagem. Após a construção do protótipo instalou-se em um caminhão basculante e após a coleta de dados entre áreas de carga e descarga, verificou-se precisão de 100% em relação a coleta de dados manual.

Logo, concluiu-se que o protótipo em questão possui viabilidade de ser implementado em obras de terraplanagem para apontamento de caminhões basculantes.

Palavras-chave: Terraplanagem; Apontamento; Automação; Arduino; GPS.

ABSTRACT

The management in earth moving projects has great relevance, mainly because the high frequency and impact that such services have in civil engineering projects. In this sense, a precise data collection is fundamental to keep a efficient management.

For this project, was build a prototype using GPS technology and Arduino, to automate data collection in earthmoving projects. After the prototype development, it was setup in a hauling truck to collect data between the charge and discharge areas of the earthmoving service, after this was verified a 100% matching between the manual and automated data collection.

Therefore, was conclude that the prototype had viability to be implemented in earthmoving projects to collect data inside hauling trucks.

Key-words: Earth moving; data collection; Automation; GPS; Arduino.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Definição de áreas, etapas e equipamentos em serviços de terraplanagem	23
Tabela 2.2 – Comparativo entre apontamento com prancheta e smartphone	28
Tabela 3.1 – Comparativo entre placas de desenvolvimento.....	35
Tabela 4.1 – Dados de apontamento do protótipo	52

LISTA DE FIGURAS

Imagem 1.1 – Relatório gerencial – MS Project.....	15
Imagem 1.2 – Funcionário em um canteiro de obra utilizando um tablet	16
Imagem 1.3 – Apontador de serviços de terraplanagem.....	16
Imagem 1.4 – Planilha para apontamento de serviço de terraplanagem.....	17
Imagem 1.5 – ConstruMobil: Solução para apontamento de obras	18
Imagem 1.6 – CoreLoad: Solução para apontamento de serviços de terraplanagem	18
Imagem 1.7 – Aparelho de georreferenciamento por tecnologia GPS	19
Imagem 1.8 – Motoniveladora com dispositivo GPS para controle das lâminas	20
Imagem 2.1 – Nivelamento de terreno em obra vertical.....	22
Imagem 2.2 – Carregamento de caminhão basculante – Área de Carga	23
Imagem 2.3 – Descarga de caminhão basculante – Área de Descarga	24
Imagem 2.4 – Escavadeira Hidráulica	25
Imagem 2.5 - Retroescavadeira.....	25
Imagem 2.6 - Motoniveladora.....	26
Imagem 2.7 – Rolo compactador	26
Imagem 2.8 – Caminhão Basculante com marcação 034	27
Imagem 2.9 – Processo de apontamento de terraplanagem – Core Loads Error! Bookmark not defined.	
Imagem 2.10 – Tela de apontamento - CoreLoads.....	29
Imagem 3.1 – Microcontrolador TMX 1795 – Texas Instrument	31
Imagem 3.2 – Drone produzido com micro controlador.....	31
Imagem 3.3 – Robô construído com microcontrolador Arduino	32
Imagem 3.4 – Dispositivo para automação industrial.....	32
Imagem 3.5 – Placa Arduino Uno.....	33
Imagem 3.6 – Placa BeagleBone	34
Imagem 3.7 – Placa RaspberryyPi.....	34
Imagem 3.8 – Satélites do sistema GPS.....	36
Imagem 3.9 – Processo de trilateração para determinação de coordenadas	36
Imagem 3.10 – Primeiro satélite a ser lançado pelos EUA – Tiros 1	37
Imagem 3.11 – Sistema para mapeamento de equipamentos de mineração	38
Imagem 3.12 – Módulo GPS conectado ao Arduino	39
Imagem 3.13 – Shield GPS sendo conectada ao Arduino	39
Imagem 3.14 – Shield GPS na parte superior e Arduino na parte inferior	40
Imagem 3.15 – Plataforma de desenvolvimento integrado – IDE Arduino.....	41
Imagem 3.16 – Resumo da elaboração do software	45
Imagem 3.17 – Exemplo de arquivo CSV	47
Imagem 4.1 - Entrada da obra na São José do Tocantins Transporte e Turismo.....	48
Imagem 4.2 – Imagem do ambiente de terraplanagem.....	49
Imagem 4.3 – Imagem aérea do trajeto entre áreas de carga e descarga	49
Imagem 4.4 – Pontos na área de carga.....	50
Imagem 4.5 - Pontos na área de descarga	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GPS	Global Positioning System – Sistema de posicionamento global
RFID	Radio Frequency Identification – Identificação por Rádio Frequencia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	HISTÓRICO DE APONTAMENTO EM OBRAS DE TERRAPLANAGEM	17
1.2	USO DE GPS NA ENGENHARIA CIVIL	18
1.3	MOTIVAÇÕES	20
1.4	OBJETIVOS	20
1.4.1	OBJETIVOS GERAIS.....	20
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.5	SEQUÊNCIA DE CAPÍTULOS.....	21
2	TERRAPLANAGEM	22
2.1	DEFINIÇÃO	22
2.2	ETAPAS	22
2.3	MAQUINÁRIOS	24
2.4	APONTAMENTO	27
3	DISPOSITIVO PARA APONTAMENTO AUTOMATIZADO	30
3.1	MICROCONTROLADOR	30
3.1.1	O QUE É?	30
3.1.2	HISTÓRICO	30
3.1.3	APLICAÇÕES.....	31
3.1.4	TIPOS DE DISPOSITIVOS	33
3.1.5	SELEÇÃO DA PLACA DE DESENVOLVIMENTO.....	34
3.2	SENSOR GPS.....	35
3.2.1	O QUE É?	35
3.2.2	HISTÓRICO	37
3.2.3	APLICAÇÕES.....	37
3.2.4	TIPOS DE SENSORES GPS.....	38

3.3	SOFTWARE	40
3.3.1	LINGUAGEM E PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO	40
3.3.2	FUNÇÕES PRÓPRIAS DO ARDUINO	42
3.3.3	FUNÇÕES CRIADAS PARA O PROJETO	43
3.3.4	BIBLIOTECAS DO ARDUINO	44
3.3.5	ELABORAÇÃO DO SOFTWARE	44
3.3.6	DADOS DE SAÍDA	46
4	ESTUDO DE CASO: NIVELAÇÃO DE TERRENO EM OBRA DE ANÁPOLIS 48	
4.1	DESCRIÇÃO DA OBRA	48
4.2	LOCALIZAÇÃO DA OBRA	49
4.3	COLETA DE DADOS	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES	54
7	REFERÊNCIAS	55
8	ANEXO	58

1 INTRODUÇÃO

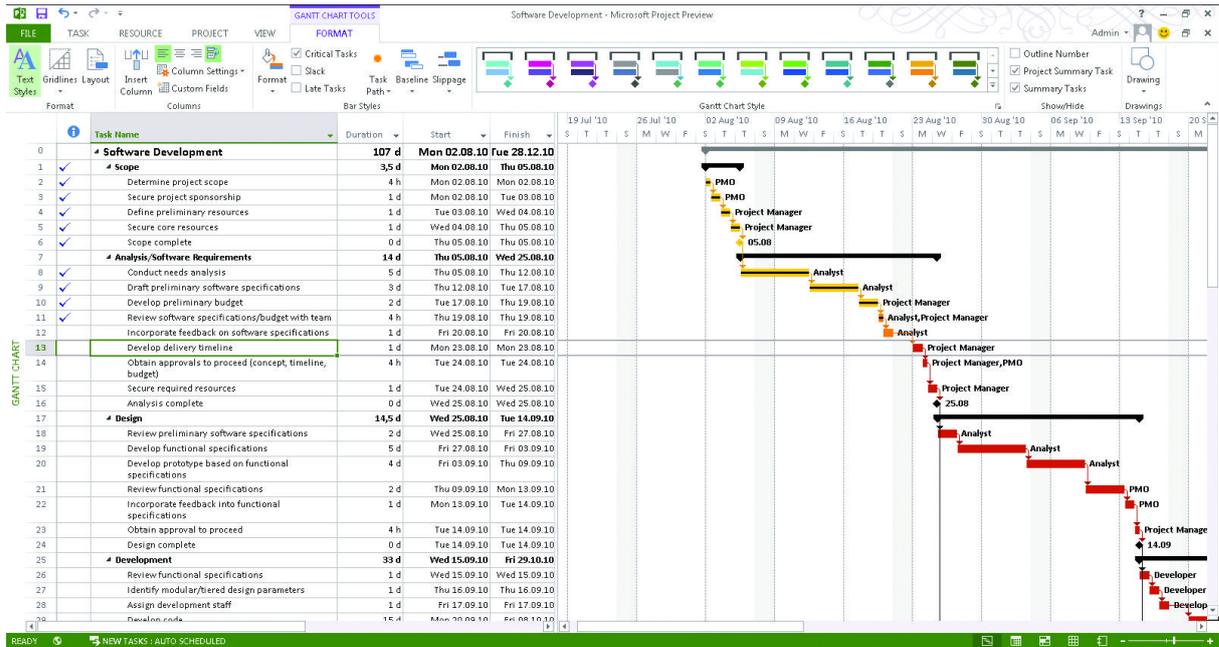
O uso de técnicas de gestão de projetos em obras de engenharia existe desde as primeiras grandes obras, como no Egito nas pirâmides egípcias (2000 A.C.), na América com as pirâmides maias e astecas (1500 A.C.) e na China na construção da grande muralha. No entanto, o gerenciamento de projeto como uma técnica de gestão a ser formalmente estudada, teve início somente nos anos 50. Inicialmente teve pouca adoção por parte da comunidade de gestores de obras, entretanto em meados de 90 o tema voltou a ser discutido, devido principalmente, as grandes recessões que abalavam toda a estrutura econômica mundial. Nesse contexto, a necessidade de mapear dados, como custo e produtividade, mostraram ser de grande valia para garantir o controle da qualidade, prazo, custos e principalmente reconquistar a confiança do mercado, necessária para alavancagem dos projetos de engenharia. (Kerzner, 2013)

No cenário atual aonde as empresas têm focado seus esforços na redução de custos e aumento da produtividade de suas atividades. Produtividade que está diretamente ligada a utilização dos recursos disponíveis, como, espaço físico, ferramentas, mão-de-obra, insumos, informatização, entre outros. (Azevedo, 2012). Logo é necessário que os gestores de projetos de engenharia tenham em mãos dados, que lhes auxiliem na tomada de decisão no canteiro de obra, possibilitando assim racionalizar o uso dos recursos. (Venturini, 2011)

E justamente no sentido, de disponibilizar estáticas gerenciais, utiliza-se cada vez mais novas tecnologias que tem como funções: coletar, tratar e ou exibição de dados.

Atualmente diversos softwares que auxiliam o gerenciamento têm sido aplicados em projetos de engenharia, como por exemplo o MS Project (IMG 1.1), tais softwares aumentam a compreensão do gestor de obras, a partir da produção de relatórios com informações indispensáveis na condução de obras de engenharia. (Akkari, 2015)

Imagem 1.1 – Relatório gerencial – MS Project



Fonte: Próprio Autor

No entanto, para elaboração de tais relatórios necessita-se de uma coleta de dados que seja confiável. Em diversos setores da engenharia a coleta de dados tem evoluído de maneira significativa, conforme pode-se observar na imagem 1.2, onde um funcionário utiliza um tablet para apontamento de uma edificação vertical. Os avanços na tecnologia de coleta de dados, implicam em maior precisão do processo, que impacta diretamente na condução e elaboração de futuros projetos, uma vez que os dados que são coletados, são utilizados como bases para planejamentos futuros, resultando assim em um aumento dos custos dos projetos em geral. (Mobuss Construção, 2015)

Imagem 1.2 – Funcionário em um canteiro de obra utilizando um tablet



Fonte: (AECWEB, 2013)

Embora a coleta de dados impacte de maneira direta nos custos de projetos, o setor de terraplanagem tem evoluído lentamente em melhorias no processo de apontamento. Embora exista tecnologias como o GPS, capazes de rastrear caminhões, o setor ainda utiliza apontadores, que com o auxílio de pranchetas, realizam a contagem do número de viagens de caminhões entre zonas de carga e descarga, conforme imagem 1.3.

Imagem 1.3 – Apontador de serviços de terraplanagem



Fonte: (YTIMG, 2015)

Tendo em vista o exposto, esse trabalho oferece uma solução automatizada para quantificação de viagens realizadas em obras de terraplanagem.

1.1 HISTÓRICO DE APONTAMENTO EM OBRAS DE TERRAPLANAGEM

Os números estiveram presentes em diversas sociedades antigas e teve seu surgimento da necessidade de contabilizar animais e frutos. (Gongorra & Sodré, 2005) Sabe-se que os serviços de terraplanagem estiveram presentes em grandes obras do mundo antigo. Portanto, não seria difícil imaginar que em antigas civiliza es contavam-se o número de potes de terra que faltavam para nivelar o terreno em determinado local.

No entanto, as técnicas de gestão em projetos que são utilizadas atualmente foram desenvolvidas apenas na década de 20, fortemente influenciado pela necessidade de aumentar a produ o de ligas metálicas com destina o militar, sendo aplicadas somente no início da década de 50 no setor de engenharia e sendo aderida pelas empresas de maneira sistemática somente nos anos 90, devido principalmente as grandes crises financeiras que abalavam a economia mundial, exigindo assim, um controle mais preciso dos prazos e custos de projetos. (Freire, 2008)

O processo de medi o de terraplanagem, ainda hoje,   realizado de maneira manual por apontadores em campo. Os funcionários utilizam-se de pranchetas, conforme imagem 1.4, para a quantifica o do número de viagens realizadas pelos caminhões. Esse tipo de apontamento   bastante suscetível a erros, resultando em aumento nos custos dos projetos. (Referenciar)

Imagem 1.4 – Planilha para apontamento de serviço de terraplanagem

HIDROCONSULT Consultoria, Estudos e Projetos S.A.		PLANILHA DE CONTROLE DE VOLUMES DE CAMPO									
BICA CORRIDA APLICADA NO FUNDO DO CANAL ADUTOR											
INDICIO DE SECCAO	ALTURA MÉDIA (M)	SUPER LARGURA (M)				INDICIO DE SECCAO	ALTURA MÉDIA (M)	SUPER LARGURA (M)			
		LE	(*)	LE	(*)			LE	(*)	LE	(*)
149110	0,36	2000	R	3000	R	149110	0,34	2010	R	2950	R
149210	0,35	3045	R	3025	R	149210	0,35	3005	R	2900	R
149310	0,35	3015	M	3015	M	149310	0,35	3005	R	3005	R
149410	0,35	3000	L	3005	L	149410	0,35	3000	R	3002	R
149510	0,35	3010	R	3005	R	149510	0,35	3025	R	3080	R
149610	0,37	3015	R	3000	R	149610	0,38	3050	R	3050	R
149710	0,36	2044	R	2005	R	149710	0,35	3000	R	3045	R
149810	0,36	3015	R	3010	R	149810	0,36	3009	R	3030	R

Fonte: Próprio Autor, 2015

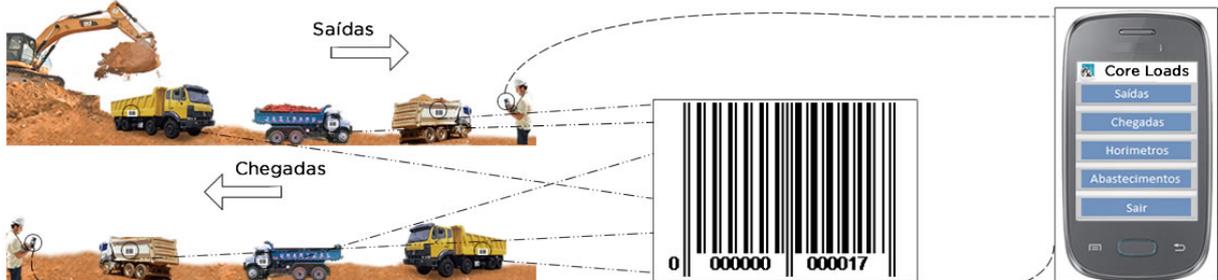
Observando essa necessidade, desde 2011 com a popularização dos tablets e smartphones, diversas empresas lançaram projetos como o ConstruoMobil (Imagem 1.5), CoreLoad (Imagem 1.6) e FieldLeans, com o objetivo de garantir a confiança e aumentar a qualidade da coleta de dados em campo. Essas soluções, constituem etapa importante no desenvolvimento do apontamento de campo em obras de engenharia.

Imagem 1.5 – ConstruoMobil: Solução para apontamento de obras



Fonte: (SIMOVA, 2015)

Imagem 1.6 – CoreLoad: Solução para apontamento de serviços de terraplanagem



Fonte: (manage4systems, 2013)

No entanto com a redução dos custos de sensores eletrônicos como GPS e RFID, questiona-se a viabilidade da aplicação de sensores no apontamento de obras de terraplanagem, que poderiam aumentar significativamente a qualidade dos dados captados. (Ahn, Kim, Dunston, Kandil, & Martinez, 2015)

1.2 USO DE GPS NA ENGENHARIA CIVIL

O uso de sensores GPS é comum em diversos setores da indústria como automobilístico, logística, estocagem de materiais, entre outros. Tarefas repetitivas, com diversos níveis de complexidade, são executadas por sistemas que aumentam a qualidade da informação coletada, reduzindo os custos do processo.

No entanto, a ampliação do uso de tecnologias como GPS ocorreu somente após a década de 90, onde os custos de produção dos sensores diminuíram, viabilizando então a utilização dessas tecnologias (MIO, 2011). Desde então, o avanço na tecnologia de GPS tem impactado de maneira positiva os canteiros de obras de engenharia, com aplicações voltadas ao georreferenciamento (IMG 1.7) e posteriormente no monitoramento de máquinas como moto niveladores.

Na atividade de georreferenciamento o GPS é utilizado para coleta dos vértices da área que será mapeada. Após a coleta dos pontos, os dados podem ser previamente tratados na própria estação ou transferidos para um software de análise, onde se realiza o cálculo da área mapeada, perímetro, entre outras características do local (Wikipedia, 2015).

Imagem 1.7 – Aparelho de georreferenciamento por tecnologia GPS



Fonte: (SSTOPOGRAFIA, 2014)

Já quando aplicados em máquinas motoniveladoras, conforme imagem 1.8, os sensores são capazes de determinar o posicionamento da lâmina com máxima precisão, oferecendo um controle automatizado da lâmina. (Catterpillar, 2015)

Imagem 1.8 – Motoniveladora com dispositivo GPS para controle das lâminas



Fonte: (Portal dos Equipamentos)

1.3 MOTIVAÇÕES

A aplicação de tecnologias já existentes para resolução de problemas simples, como chamar um taxi, contratar serviços de manutenção residencial, alugar um filme, fazer transações bancárias, entre outros, tem possibilitado melhoras significativas na vida das pessoas. Na engenharia civil existem alternativas, ainda que incipientes, com o objetivo de aplicar tecnologias já existentes na resolução de problemas do dia a dia de projetos de engenharia.

Tendo isso em vista, a escolha desse tema se pauta na resolução de um problema simples, diário e que gera transtornos no controle de obras de engenharia, o apontamento de cargas e descargas, controle indispensável para geração de medições dentro de um serviço de terraplanagem.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos Gerais

- Analisar a viabilidade da utilização de GPS no apontamento de frota

1.4.2 Objetivos Específicos

- Elaborar protótipo funcional com placa de prototipagem e sensor GPS

- Efetuar contabilização de cargas e descargas em caminhões basculantes

1.5 SEQUÊNCIA DE CAPÍTULOS

Esse trabalho foi estruturado em 6 capítulos sendo eles:

Terraplanagem, aonde abordaremos de maneira resumida o conceito de terraplanagem, maquinários utilizados, medições, tanto manuais quanto automatizadas e no final apresentaremos um quadro comparativo entre os processos de coleta de dados.

Em Dispositivos para apontamento automatizado, abordaremos aspectos sobre a tecnologia utilizada nesse trabalho, como, plataforma de prototipagem (placa), sensor e desenvolvimento do código.

Após abordar a tecnologia, apresentaremos no capítulo Estudo de Caso as características do projeto e como foi realizado o procedimento de coleta de dados in-loco.

Depois, apresentaremos o resultado da análise dos dados coletados no projeto em questão, apresentando um quadro comparativo entre os dois tipos de apontamentos realizados, manual e automatizado.

Por último, apresentaremos as considerações finais sobre a viabilidade de implementação de tal tecnologia em obras de terraplanagem, assim como sugestões para trabalhos futuros.

2 TERRAPLANAGEM

2.1 DEFINIÇÃO

De acordo com Castro, a terraplanagem pode ser definida como uma técnica de engenharia de escavação e movimentação de solos e rochas. Porém essa definição varia de autor para autor, uma vez que não existe um consenso em relação a definição. (Castro, 2015)

A importância dessa técnica é de consenso comum, uma vez que a mesma é utilizada em grande parte dos projetos de engenharia, como barragens, aquedutos, obras verticais, diques, entre outros. Na imagem 2.1 pode-se observar a aplicação da técnica em uma obra vertical, o edifício em questão se localiza na Universidade Federal de Alfenas em Minas Gerais.

Imagem 2.1 – Nivelamento de terreno em obra vertical



Fonte: (UNIFAL, 2014)

2.2 ETAPAS

De acordo com Castro, a técnica de terraplanagem é composta por 4 etapas: escavação, carregamento, transporte e espalhamento. Podendo acrescentar também outras duas etapas que são, descarga e compactação. (Castro, 2015)

Para esse trabalho considerou-se todas as etapas do processo e dividindo-as em 3 setores específicos, conforme tabela 2.1, área de carga, entre-área e área de descarga. Na área de carga (IMG 2.2) tem-se a escavação e carregamento do material, na entre zonas temos o transporte

do material e na zona de descarga (IMG 2.3) tem-se a descarga, espalhamento e compactação do material.

Tabela 2.1 – Definição de áreas, etapas e equipamentos em serviços de terraplanagem

Áreas	Etapas	Maquinário
Carga	Escavação Carregamento	(1) Escavadeira (2) Retro-escavadeira (3) Caminhão Basculante
Entre Áreas	Transporte	(3) Caminhão Basculante
Descarga	Descarga Espalhamento Compactação	(3) Caminhão Basculante (4) Motoniveladora (5) Rolo compactador

Fonte: Próprio Autor

Imagem 2.2 – Carregamento de caminhão basculante – Área de Carga



Fonte: (Cursos FPMP, 2014)

Imagem 2.3 – Descarga de caminhão basculante – Área de Descarga



Fonte: (Cursos FPMP, 2014)

2.3 MAQUINÁRIOS

Os maquinários utilizados em obras de terraplanagem têm evoluído consideravelmente nas últimas décadas, atualmente existem 5 equipamentos básicos que são utilizados na maioria dos serviços de terraplanagem: escavadeira hidráulica, retroescavadeira, caminhão basculante, motoniveladora e rolo compactador. (Castro, 2015)

A escavadeira hidráulica e retroescavadeira, nas imagens 2.4 e 2.5 respectivamente, ambas possuem como função escavar o material e carregar os caminhões. O caminhão basculante tem como função transportar solos e rochas entre os pontos de carga e descarga. A motoniveladora (IMG 2.6) tem como função espalhar e nivelar o material para posterior compactação que é realizada pelos rolos compactadores (IMG 2.7).

Imagem 2.4 – Escavadeira Hidráulica



Fonte: (Lafate Locação, 2014)

Imagem 2.5 - Retroescavadeira



Fonte: (Lafate Locação, 2014)

Imagem 2.6 - Motoniveladora



Fonte: (Lafate Locação, 2014)

Imagem 2.7 – Rolo compactador



Fonte: (Lafate Locação, 2014)

2.4 APONTAMENTO

O apontamento do serviço de terraplanagem é a etapa utilizada para contabilização e medição do serviço de terraplanagem. A partir dessa etapa pode-se obter informações como: volume de solos e rochas movimentados e quantidade de viagens executadas, que são utilizadas para análise da produtividade e custos da operação. (Castro, 2015)

Atualmente o apontamento é executado de duas maneiras, coletando os dados em pranchetas ou smartphones. Na primeira um operário denominado apontador, é responsável pela coleta dos dados, utiliza-se um na área de carga e outro na área de descarga. Em posse de uma prancheta e uma planilha conforme imagem 1.3, o funcionário “aponta” a passagem dos veículos de acordo com a marcação do caminhão (034) conforme imagem 2.8. No final do dia, um funcionário é responsável por transferir todos os dados para uma planilha eletrônica e assim gerar os relatórios.

Imagem 2.8 – Caminhão Basculante com marcação 034



Fonte: Próprio Autor, 2015

Na segunda modalidade com o uso de smartphones, um apontador recebe um smartphone, de acordo com a imagem 2.10, e faz o apontamento diretamente no celular, através da leitura de etiquetas que estão fixadas nos caminhões, conforme imagem 2.9. O smartphone envia todos os dados para um computador que é responsável por tratar e gerar os relatórios de maneira automatizada.

Portanto, para ambas alternativas existentes no mercado, há a necessidade de utilizar uma mão-de-obra específica para contabilização das viagens, a tabela 2.2 apresentou-se um comparativo entre os dois tipos de apontamento citados acima.

Tabela 2.2 – Comparativo entre apontamento com prancheta e smartphone

Crítérios	Prancheta	Smartphone
Flexibilidade	+	-
Custos diretos	+	-
Precisão	-	+
Controle	-	+

Fonte: Próprio Autor, 2015

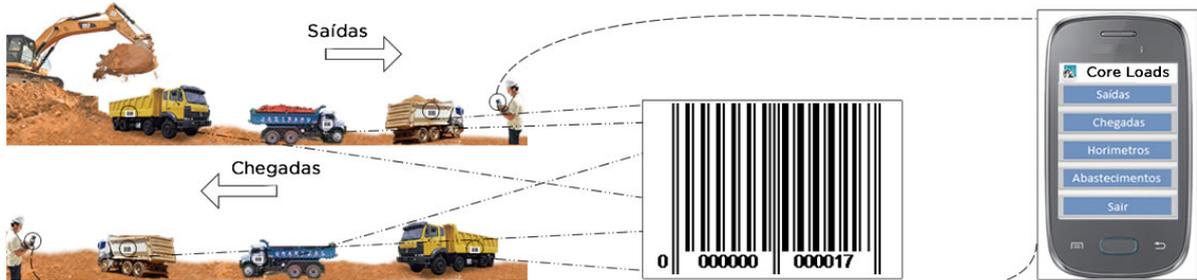
Na tabela acima, o critério flexibilidade refere-se a adaptabilidade do método nas variações do processo de apontamento que ocorrem no canteiro de obra, como mudanças nos pontos de carga e descarga. No apontamento utilizando-se prancheta, basta mover o funcionário para a nova área e o processo continua de maneira normal, já com o uso de smartphone necessita-se cadastrar o novo ponto de carga ou descarga, reduzindo assim a flexibilidade em alterações de áreas mapeadas.

Os custos diretos, referem-se a equipamentos utilizados para coleta de dados, nesse critério, pranchetas e canetas possuem custos inferiores a smartphones, logo à primeira vista o apontamento com uso de pranchetas possui menor custo.

Em termos de precisão, no apontamento com o uso de smartphones o sistema que já é pré-definido diminui a interferência do apontador tanto na coleta, quanto nas transcrições que geram o relatório gerencial, possuindo então maior precisão em relação ao apontamento com pranchetas.

E por ultimo, o controle se torna maior com o uso de smartphones uma vez que os mesmos registram os dados, reduzindo intervenções do operador no sistema, garantindo então, maior controle e confiabilidade a coleta de dados.

Imagem 2.9 - Processo de apontamento de terraplanagem CoreLoads



Fonte: (manage4systems, 2013)

Imagem 2.10 – Tela de apontamento - CoreLoads



Fonte: (manage4systems, 2013)

3 DISPOSITIVO PARA APONTAMENTO AUTOMATIZADO

Para elaboração desse projeto foi desenvolvido um protótipo para apontamento de frotas em obras de terraplanagem composto por 3 partes:

- Micro controlador
- Sensor GPS
- Código

Os tópicos abaixo apresentam cada uma das partes do protótipo, explicando suas funções, gama de soluções e a solução adota para cada parte.

3.1 MICROCONTROLADOR

3.1.1 O que é?

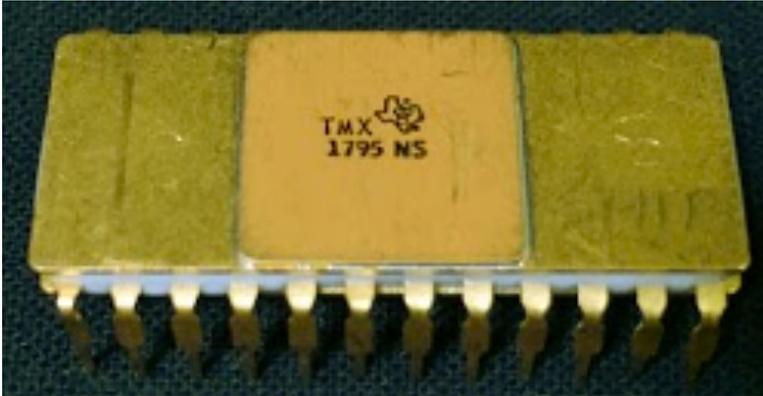
Um microcontrolador é uma placa de desenvolvimento que possui todos os componentes necessários para realização de experimentos e criação de protótipos em um só ambiente. (Aycock, 2015)

Nessas placas ligam-se sensores que conseguem captar interações do mundo real e transforma-las em dados de maneira relativamente simples, possibilitando assim a criação de projetos para diversas áreas.

3.1.2 Histórico

O primeiro microcontrolador, TMX 1795 (IMG 3.1), foi inventado pela Texas Instrument no início da década de 70. Os primeiros microcontroladores eram utilizados na fabricação de calculadoras, no entanto atualmente com o desenvolvimento de diversos tipos de micro controladores, por diversas marcas, aumentou-se o leque de aplicações de maneira considerável. (Shirriff, 2015)

Imagem 3.1 – Microcontrolador TMX 1795 – Texas Instrument



Fonte: (Shirriff, 2015)

3.1.3 Aplicações

Os microcontroladores possuem diversas aplicações, que variam de acordo com o arranjo configurado na placa de prototipagem. Atualmente grande parte dos projetos estão ligados a robótica, conforme imagens 3.2 e 3.3, assim como automação residencial (IMG 3.4).

Imagem 3.2 – Drone produzido com micro controlador



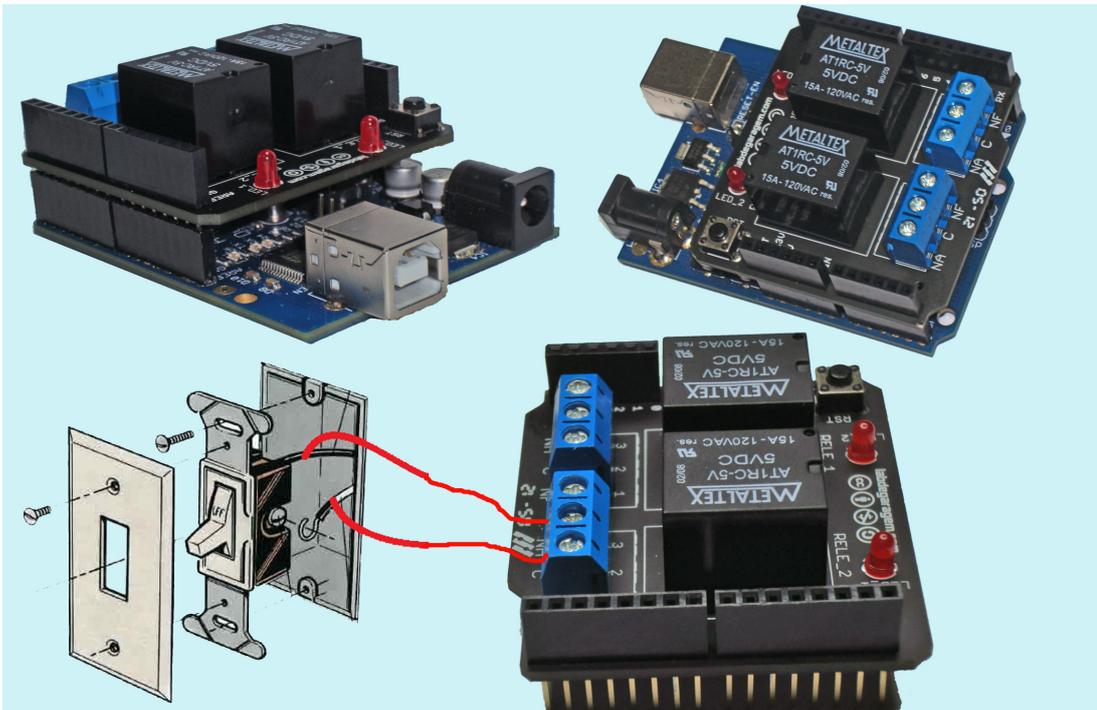
Fonte: (Illiano, 2012)

Imagem 3.3 – Robô construído com microcontrolador Arduino



Fonte: (Android Arduino, 2011)

Imagem 3.4 – Dispositivo para automação industrial

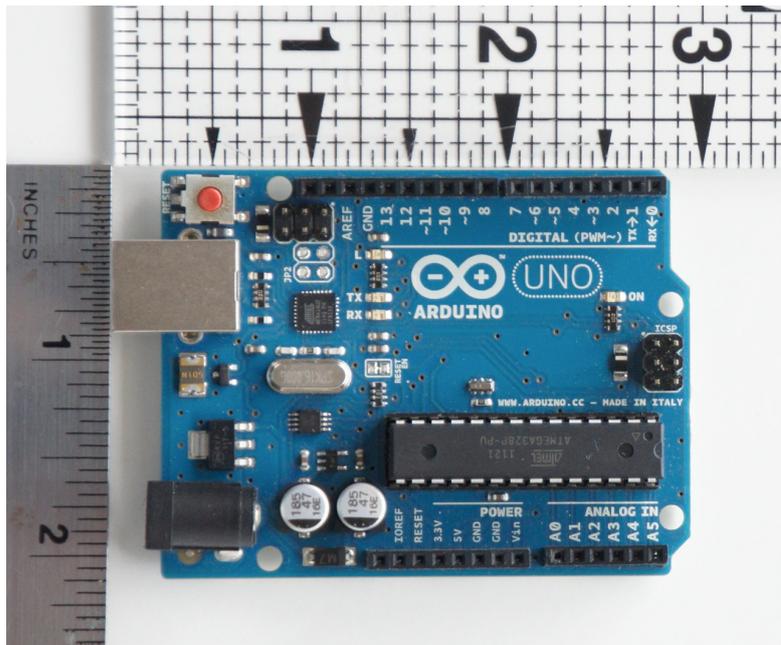


Fonte: (Google, 2015)

3.1.4 Tipos de dispositivos

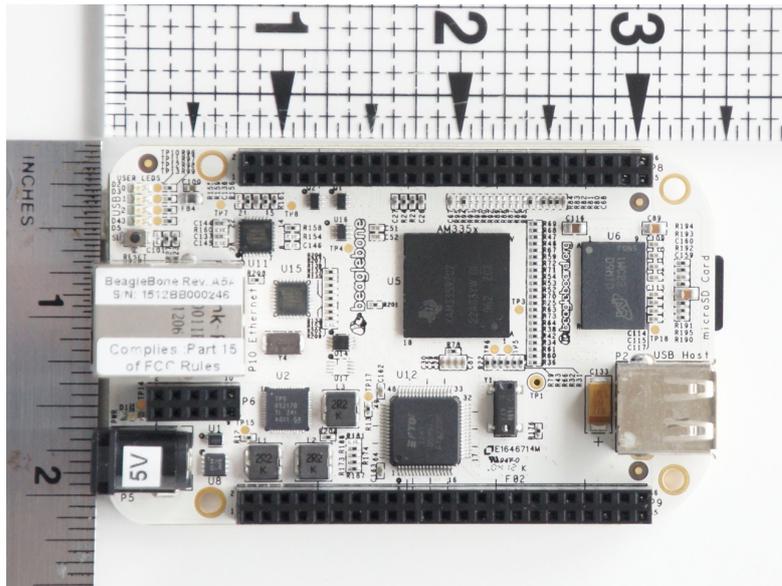
Atualmente o mercado oferece diversas alternativas em placas de desenvolvimento, logo, com o intuito de restringir a análise dos equipamentos que poderiam ser utilizados, considerou-se as três principais placas do mercado: Arduino (figura 3.5), BeagleBone (figura 3.6) e Raspberry (figura 3.7). Uma vez que grande parte da literatura e projetos são desenvolvidos para essas plataformas.

Imagem 3.5 – Placa Arduino Uno



Fonte: (Meike, 2012)

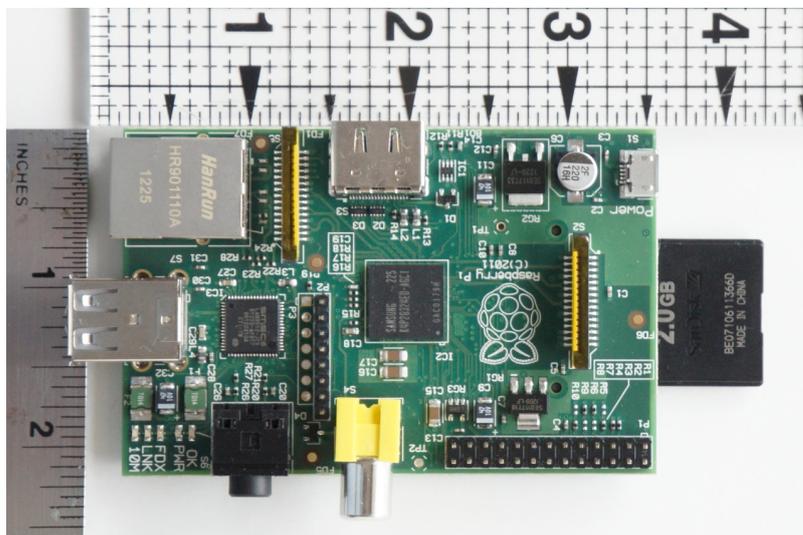
Imagem 3.6 – Placa BeagleBone



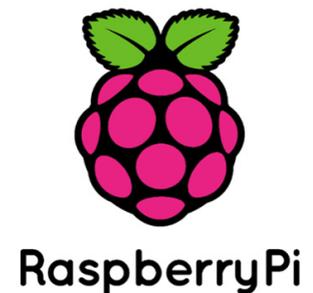
Fonte: (Meike, 2012)



Imagem 3.7 – Placa RaspberryPi



Fonte: (Meike, 2012)



3.1.5 Seleção da placa de desenvolvimento

Para a seleção da placa de prototipagem a ser utilizada, elaborou-se uma matriz, considerando os seguintes critérios: valor da placa, disponibilidade das peças no mercado brasileiro e compatibilidade de sensores GPS.

Os preços das placas variam de acordo com a especificação técnica de cada uma, a disponibilidade das placas no mercado nacional é indispensável para o desenvolvimento deste projeto, uma vez que necessitam de ser importadas e por último verificou-se a disponibilidade de sensores GPS para as placas em questão.

Na matriz de seleção, os critérios foram pontuados de 1 a 5, sendo 1 a nota mínima para o critério e 5 a nota máxima. Na tabela 3.1, pode-se ver o resultado da seleção.

Em relação ao valor, foi feita uma pesquisa em diversas lojas online e verificou-se que o Arduino possuía valor médio de R\$110,00 (cento e dez reais) na versão R3, em segundo o Raspberry com valor médio de R\$260,00 (duzentos e sessenta reais) e em terceiro o BeagleBone, com valor médio de R\$360,00 (trezentos e sessenta reais). Como todas as placas de prototipagem foram encontradas no mercado nacional, as três receberam nota 5, apesar do BeagleBone possuir uma quantidade menor de fornecedor disponíveis. Para a placa BeagleBone, não foram encontrados sensores para elaboração de protótipos, já para as placas de Arduino e Raspberry, uma vez que os sensores são compatíveis entre si, não houve dificuldade em encontrar sensores GPS para elaboração de protótipos. Como pode-se observar na tabela 3.1 a placa com maior pontuação foi o Arduino, sendo então esta a selecionada para elaboração do protótipo deste projeto.

Tabela 3.1 – Comparativo entre placas de desenvolvimento

Placas/Critérios	Valor (R\$)	Disponibilidade no mercado Nacional	Disponibilidade de sensores GPS	Total
Arduino Uno	5	5	5	15
BeagleBone	2	5	2	9
Raspberry Pi	3	5	5	13

Fonte: Próprio Autor

3.2 SENSOR GPS

3.2.1 O que é?

O GPS (Sistema de posicionamento global) é um sistema de posicionamento por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel sua posição. O sistema opera com o auxílio de 27 satélites, que orbitam ao redor da Terra, como pode ser visto na imagem 3.8. O sistema funciona com base no princípio da trilateração aonde o receptor calcula a distância em relação, a no mínimo 4 satélites e consegue retornar a latitude, longitude e altitude, conforme imagem 3.9 (Brain & Harris, 2013).

Imagem 3.8 – Satélites do sistema GPS

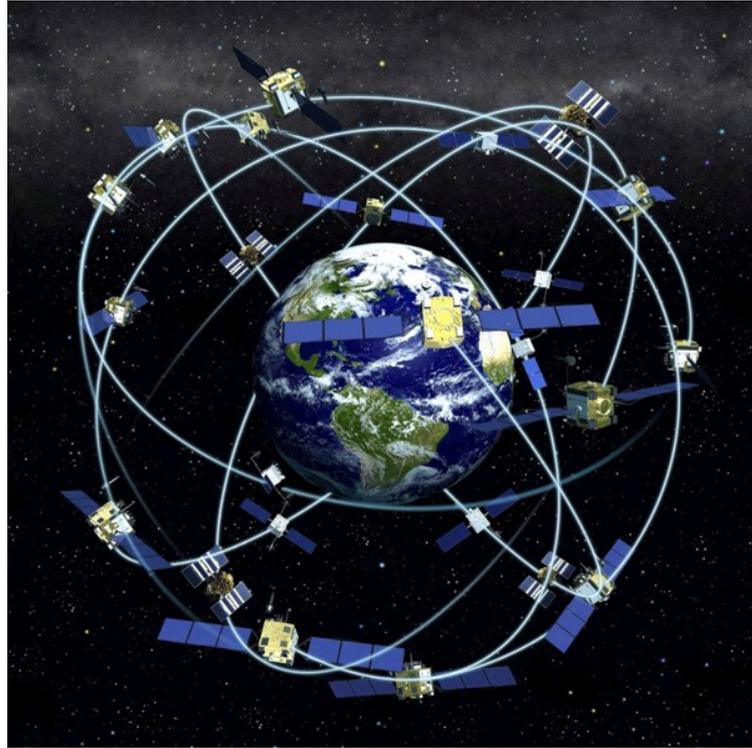
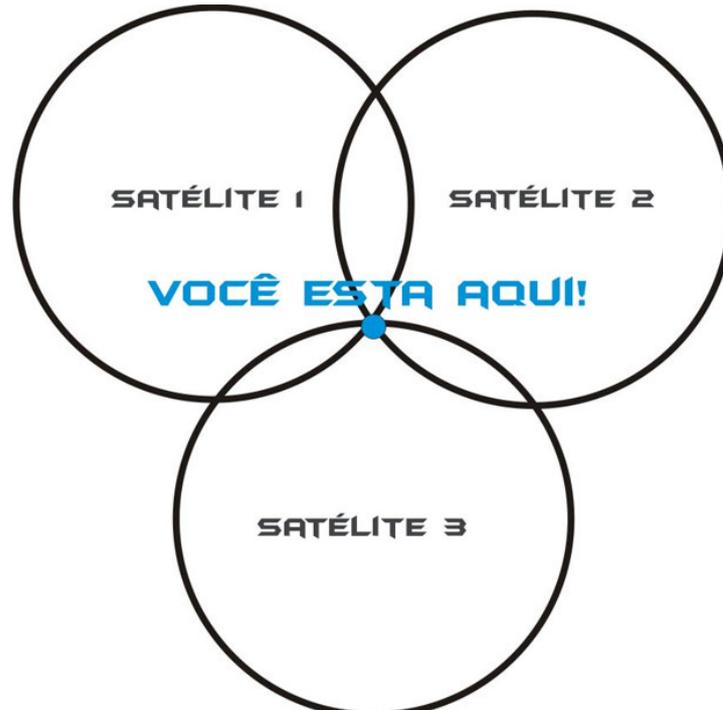


Imagem 3.9 – Processo de trilateração para determinação de coordenadas



Fonte: Próprio Autor

3.2.2 Histórico

A tecnologia de GPS foi desenvolvida nos Estados Unidos da América, em um projeto militar denominado NAVSTAR, no início dos anos 60, sendo liberada somente 30 anos depois para aplicações civis (Ferreira, 2014).

Inicialmente foram lançado apenas 5 satélites que permitiam navios de guerra obterem suas coordenadas a cada 1 hora. Após diversos lançamentos de satélites entre 1978 e 1985, o sistema dava sinais que poderiam revolucionar a maneira com que os meios de transporte monitoravam sua localização. Somente em 1995 o sistema tornou-se operável, sendo liberado então para aplicações comerciais. (MIO, 2011)

Imagem 3.10 – Primeiro satélite a ser lançado pelos EUA – Tiros 1



Fonte: (Random History, 2012)

3.2.3 Aplicações

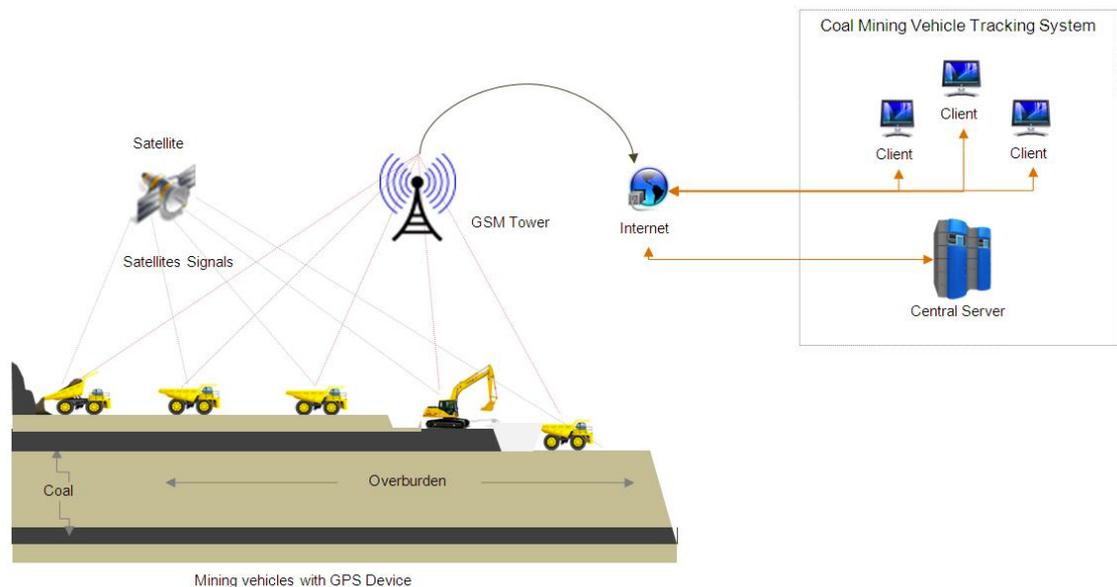
Após a liberação do sistema para fins comerciais, diversas aplicações vem sendo exploradas, como: monitoramento de cargas, orientação em viagens, agricultura de precisão,

levantamento topográfico de determinadas áreas e outros (Redação Rural News, 2015). Contudo, pouco material tem sido desenvolvido direcionado à aplicação de GPS em mapeamento de frotas em obras de engenharia, sendo grande parte da literatura publicada apenas na Europa e Estados Unidos da América.

Já no setor de prestação de serviços, várias empresas já se beneficiam do rastreamento de frota, com o intuito de melhorar o atendimento ao consumidor, como é o caso da Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE), que identifica a viatura mais próxima a solicitação de atendimento, reduzindo assim o tempo de atendimento de ocorrências emergenciais, de acordo com o Diretor Geral, Marcus Melo.

No setor de mineração as empresas têm investido consideravelmente no mapeamento de equipamentos (IMG 3.11), uma vez que o controle do processo é essencial, tanto para levantamento de indicadores de produção, quanto para garantir a segurança das pessoas envolvidas na operação.

Imagem 3.11 – Sistema para mapeamento de equipamentos de mineração



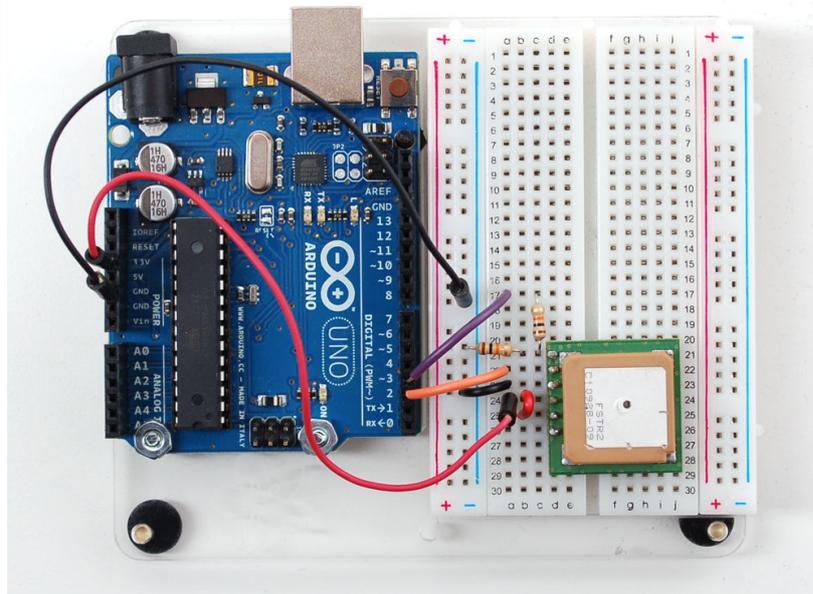
3.2.4 Tipos de sensores GPS

Atualmente existem diversos tipos de sensores GPS que podem ser utilizados em micro controladores ou placas de prototipagem.

Os sensores são comercializados em dois formatos: módulo GPS e shield GPS. Ambos modelos possuem a mesma funcionalidade e performance, diferenciando-se apenas no formato de instalação no micro controlador. O módulo GPS (IMG 3.12) possui instalação mais

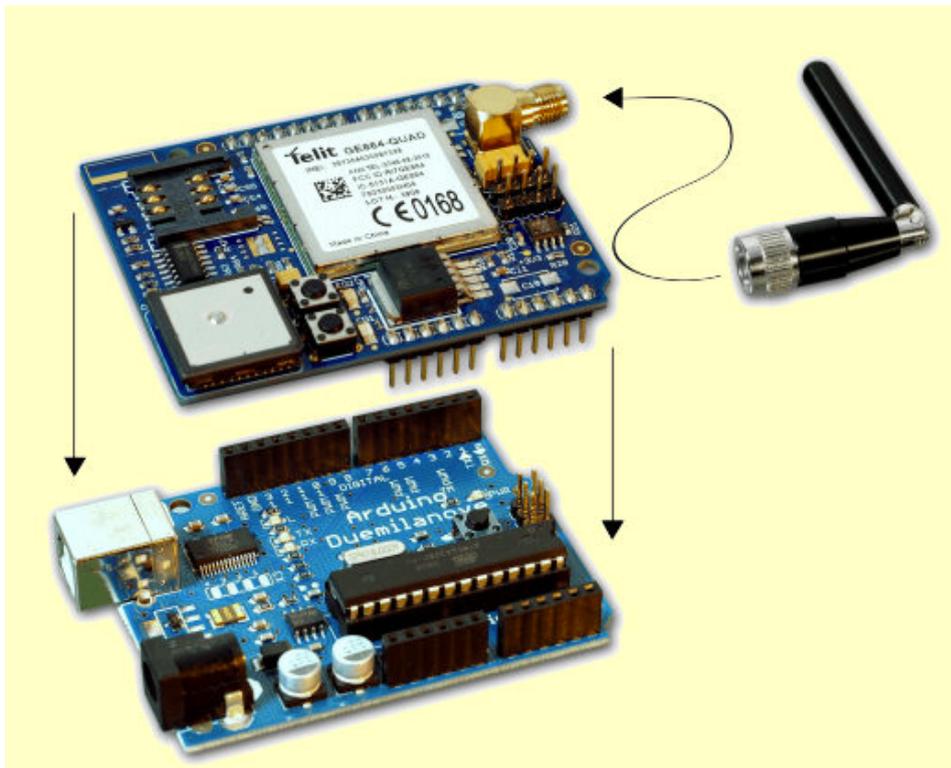
complexa, aonde o usuário necessita de modelar o formato da conexão entre os pinos do micro controlador e do sensor. Já a shield GPS (IMG 3.13) possui um modelo de conexão macho-fêmea junto ao micro controlador, como pode-se ver na imagem 3.14.

Imagem 3.12 – Módulo GPS conectado ao Arduino



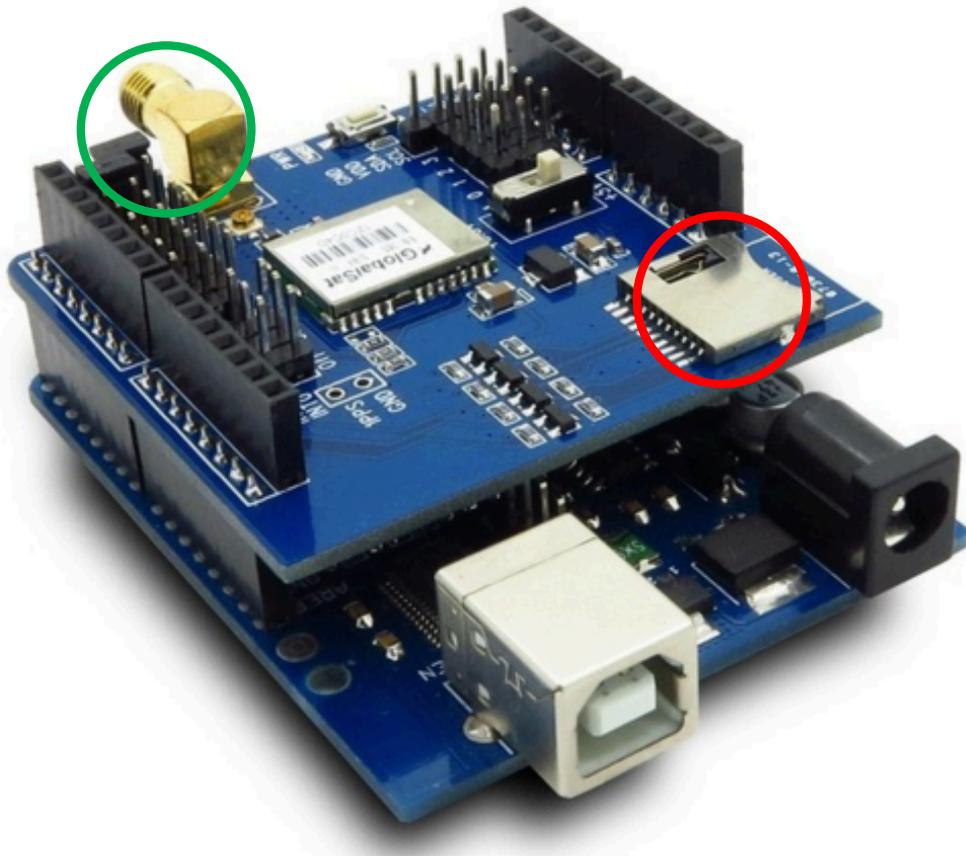
Fonte: (Adafruit, 2014)

Imagem 3.13 – Shield GPS sendo conectada ao Arduino



Fonte: (GSM Modem, 2010)

Imagem 3.14 – Shield GPS na parte superior e Arduino na parte inferior



Fonte: Próprio Autor

Para elaboração do protótipo deste trabalho utilizou-se a Shield GPS modelo Neo 6M, de acordo com imagem 3.14, pode-se observar que a shield possui slot um slot para entrada de cartão SD (marcação vermelha), assim como um pino para encaixe de uma antena GPS (marcação verde), que possui como objetivo amplificar o do sinal da Shield GPS. Outras informações técnicas relativas a Shield podem ser consultadas no Anexo 1.

3.3 Software

O tema “desenvolvimento de software” é bastante extenso, logo para esse trabalho focou-se nos conceitos que possuem maior relevância para o desenvolvimento do protótipo.

3.3.1 Linguagem e plataforma de desenvolvimento

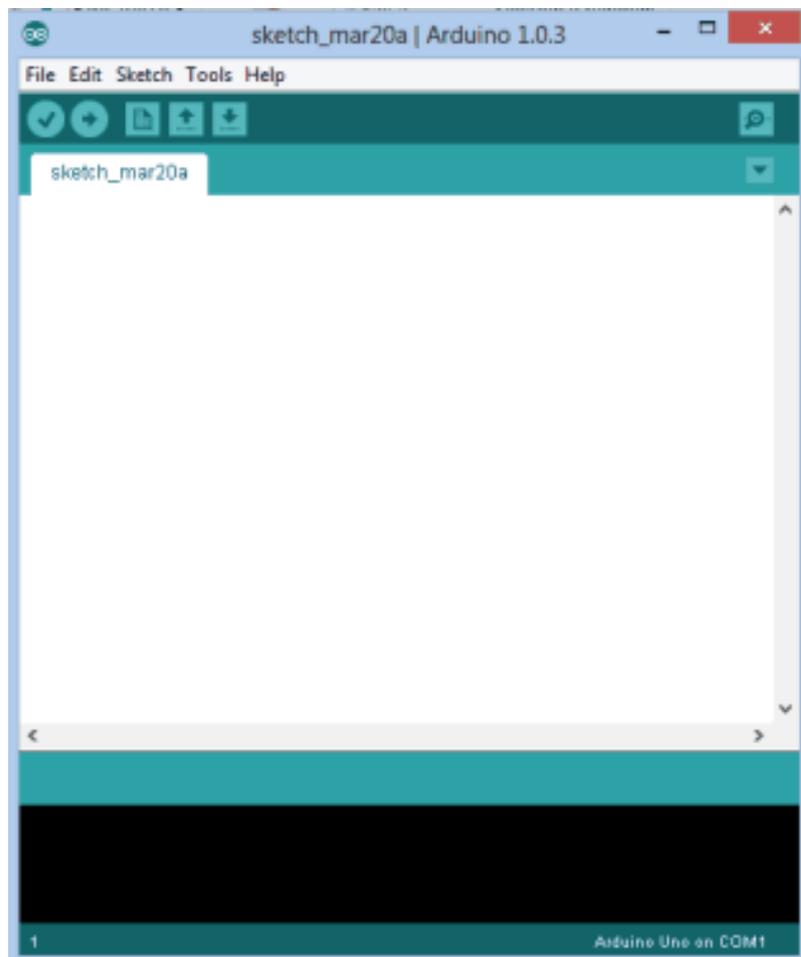
A linguagem de desenvolvimento pode ser considerada o “idioma” com o qual irá se comunicar com a placa de Arduino. No caso da plataforma Arduino a linguagem utilizada se chama C++.

Inicialmente deve-se compreender como desenvolver um software na plataforma Arduino. Para desenvolvimento de um algoritmo o usuário deve proceder da seguinte maneira:

1. Conectar a placa a uma porta USB do computador;
2. Desenvolver de um algoritmo para a placa;
3. Upload do algoritmo para a placa, via USB;
4. Executar o algoritmo.

Para elaboração, upload e execução do algoritmo o Arduino utiliza um compilador chamadas IDE Arduino, conforme imagem 3.15.

Imagem 3.15 – Plataforma de desenvolvimento integrado – IDE Arduino



Fonte: Próprio Autor

Em seguida é importante entender como o algoritmo é estruturado dentro do compilador. No desenvolvimento junto a IDE Arduino o código é estruturado em duas partes: setup e loop. Por hora, vale mencionar que a função setup é executada apenas uma vez, quando o programa

inicializa, nessa etapa são definidos os parâmetros iniciais que serão utilizados na segunda etapa. Em seguida o loop é executado repetidamente, permitindo que o algoritmo funcione dinamicamente.

3.3.2 Funções próprias do Arduino

Uma função é em linhas gerais, uma sequencia de comandos que pode ser reutilizada várias vezes ao longo de um programa. No Arduino existem dois tipos de função as autodeclaráveis que já estão criadas juntos ao Arduino e as que necessitam ser criadas ou declaradas. As funções mais comuns do Arduino são: setup e loop.

As funções autodeclaráveis mais comuns são:

pinMode: Responsável por definir o modo dos pinos, se o pino será responsável por receber dados (INPUT) ou emitir dados (OUTPUT).

Exemplo:

```
pinMode(13, OUTPUT);
```

No caso acima, está sendo especificado que o pino 13 terá a função de emitir algum dado como: fazer uma LED piscar, emitir sons em um autofalante, entre outros.

DigitalWrite: Responsável por passar comando para os periféricos conectados ao Arduino.

Vale citar que os pinos são os locais aonde são conectados todos os periféricos do Arduino.

Exemplo:

```
DigitalWrite (13, HIGH);
```

No caso acima, caso haja uma lâmpada LED conectada ao pino 13 do Arduino, o programa configura a voltagem do pino para HIGH, ou seja, permite passagem de corrente. Caso desejasse desligar a lâmpada, o segundo parâmetro deve ser alterado para LOW. Vale lembrar que para utilizar a função digitalWrite o pino deve estar configurado como OUTPUT, uma vez que o mesmo irá comunicar algum dado.

DigitalRead: Responsável por ler informações de periféricos conectados ao Arduino.

Exemplo:

```
DigitalRead (13);
```

No caso acima, se tivermos um botão conectado ao pino 13, ao pressionar o mesmo a função digitalWrite retornará um valor HIGH, caso contrário, LOW.

Delay: Responsável por interromper a execução por um determinado tempo.

Exemplo:

```
delay(2000);
```

```
DigitalWrite (13,HIGH);
```

No caso acima, o programa será interrompido durante 2000 mili segundos. Em seguida executará a linha digitalWrite (13,HIGH);

Abaixo, pode-se ver um exemplo de código para Arduino, aonde o mesmo liga um LED e desliga um LED com ciclos de um segundo, repetidamente, as linhas que iniciam com // representam comentários no código:

```
// Pin 13 tem um led conectado.
```

```
int led = 13;
```

```
// a rotina de setup rodará apenas uma vez
```

```
void setup() {
```

```
// Inicializa o pin 13 (led) como OUTPUT
```

```
pinMode(led, OUTPUT);
```

```
}
```

```
//A rotina dentro do loop rodará infinitamente, até que o programa seja fechado.
```

```
void loop() {
```

```
digitalWrite(led, HIGH); // liga o LED (HIGH é o nível de voltagem)
```

```
delay(1000); // aguarda um segundo
```

```
digitalWrite(led, LOW); // desliga o LED alterando o nível de voltagem para LOW
```

```
delay(1000); // aguarda um segundo
```

```
}
```

3.3.3 Funções criadas para o projeto

Para execução desse projeto viu-se necessário a elaboração de três funções, sendo duas delas para identificar se o protótipo estava em uma área de carga ou descarga, essas duas funções foram chamadas verificaCarga() e verificaDescarga(), respectivamente. A terceira função

criada foi denominada `apontar()`, sendo responsável por validar os status das entradas em áreas de carga e descarga e salvar os dados das verificações de carga e descarga em um cartão SD.

3.3.4 Bibliotecas do Arduino

Uma biblioteca é um conjunto de funções, geralmente são utilizadas para executarem tarefas com maior complexidade. Bibliotecas são incluídas no código através do comando `#include <nomeDaBiblioteca.h>`.

Uma das bibliotecas mais utilizadas no Arduino é a `LiquidCrystal.h`. Essa biblioteca é responsável pelo controle de displays LCD. As propriedades das bibliotecas assim como suas funções variam de acordo com aplicação da biblioteca. No caso desse projeto, possuímos a biblioteca `TinyGps.h` que possui funções como:

`get_position()` : Responsável por captar as coordenadas do sensor GPS.

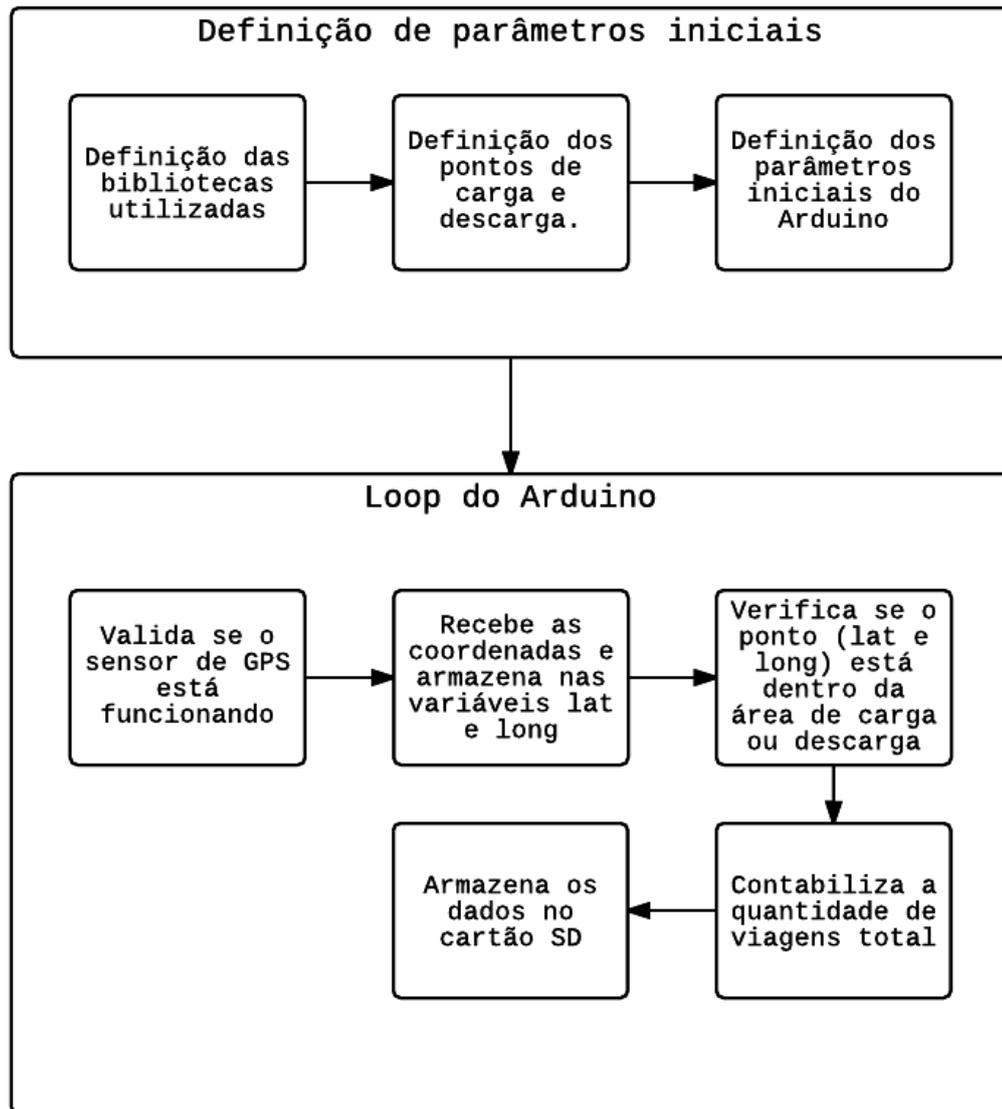
`crack_datetime()` : Responsável por captar o horário da leitura das coordenadas.

`f_speed_kmh()` : Responsável por captar a velocidade do sensor GPS em km/h.

3.3.5 Elaboração do software

O código a ser utilizado foi desenvolvido com o objetivo de computar a quantidade de viagens realizadas em um canteiro de obra, além de captar o horário das cargas e descargas, fornecendo informações importantes para a gestão de projetos de engenharia. A imagem 3.16 resume o funcionamento do algoritmo no Anexo 2.

Imagem 3.16 – Resumo da elaboração do software



Fonte: Próprio Autor

Inicialmente definiu-se as bibliotecas que seriam utilizadas:

- TinyGPS – Responsável pela captação de informações da Shield GPS;
- SoftwareSerial – Responsável pela comunicação entre Arduino e Computador;
- SPI – Responsável pela comunicação com slot SD;
- SD - Responsável pela comunicação com slot SD.

Após essa etapa, definiu-se as variáveis, para esse trabalho podemos classificar as variáveis de duas maneiras, as fixas e dinâmicas. As fixas não se alteram com execução do código, já as dinâmicas se alteram com a execução do código.

Fixas

- cxCarga – coordenadas x da área de carga;
- cyCarga – coordenadas y da área de carga;
- cxDescarga – coordenadas x da área de descarga;
- cyDescarga – coordenadas y da área de descarga;
- coCarga – quantidade de pontos da área de carga;
- coDescarga – quantidade.

Dinâmicas

- lat – armazenar latitude;
- long – armazenar longitude;
- qtdeViagens – armazenar quantidade de viagens
- statusCarga – definir status de carga, quando for 0, o sensor não se encontra na área de carga, quando for 1 o sensor se encontra na área de carga.
- statusDescarga – define o status da descarga, quando for 0, o sensor não se encontra na área de descarga, quando for 1 o sensor se encontra na área de descarga.

Iniciou-se a função setup, aonde foram configurados os parâmetros iniciais de operação do Arduino junto ao computador. Além de configurar o pino 10 como saída, uma vez que o Arduino irá enviar os dados para o cartão SD por esse pino.

Em seguida entrou-se na função de loop, que inicialmente valida se o sensor GPS está operando e a função encode verifica se existem satélites sincronizados junto ao sensor, caso essa função retorne verdadeiro então prossegue-se para próxima etapa.

Na próxima etapa a função get_position () coleta as coordenadas do protótipo e a função crack_datetime () coleta os horários da leitura. Então se verifica se o sensor se encontra em uma área de carga ou em uma área de descarga com as funções verificaCarga() e verificaDescarga(). Em seguida executa-se a função apontar () que, conforme mencionado em 3.4, possui como função verificar se protótipo passou por um ponto de carga e descarga e se caso o processo tiver sido efetivado a mesma salva as informações no cartão SD.

3.3.6 Dados de Saída

Após execução do software, o mesmo salva os apontamentos em um cartão SD, de acordo com função apontar(). O formato escolhido para armazenagem dos dados é o chamado

CSV (Comma Separated Values), aonde cada linha de um arquivo de texto é considerado uma linha de uma planilha e as colunas são separadas por vírgulas. Na imagem 3.17 pode-se ver um exemplo de um arquivo CSV do protótipo desse projeto.

Cada linha é composta pelas seguintes informações:

- Número da viagem
- Hora, minuto e segundo da entrada na área de carga
- Hora, minuto e segundo da entrada na área de descarga

Imagem 3.17 – Exemplo de arquivo CSV

```
1,19,13,31,19,17,34,  
2,19,24,21,19,27,58,  
3,19,35,25,19,38,30,  
4,19,44,23,19,47,44,  
5,20,3,38,20,6,53,  
6,20,11,53,20,14,59,
```

Fonte: Próprio Autor

4 ESTUDO DE CASO: NIVELAÇÃO DE TERRENO EM OBRA DE ANÁPOLIS

4.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

Para os testes do protótipo selecionou-se uma obra de nivelção de terreno da empresa São José do Tocantins Transporte e Turismo (IMG 4.1), localizada na Avenida Brasil, 1655, Bairro Cidade Jardim, 75080-240, Anápolis, Goiás. A empresa responsável pela obra é a TRADE Construtora e Incorporadora, sendo o responsável técnico o Eng. Jorge Bazi Filho.

O serviço realizado no local possuía baixa complexidade, considerando o volume de terraplanagem executado, além de possuir apenas uma área de carga e descarga.

Imagem 4.1 - Entrada da obra na São José do Tocantins Transporte e Turismo



Fonte: Próprio Autor

Na imagem 4.2, pode-se ver o serviço de terraplanagem executado no local:

Imagem 4.2 – Imagem do ambiente de terraplanagem



Fonte: Próprio Autor

4.2 LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Na imagem 4.3 pode-se ver a localização da obra escolhida, situada em ambiente urbano na cidade de Anápolis. O local onde realizou-se a carga do material utilizado na terraplanagem situava-se a 2.1km do local a ser realizado o serviço, na Rua Dona Elvira, esquina com Rua Dr. Calil, conforme trajeto na imagem abaixo.

Imagem 4.3 – Imagem aérea do trajeto entre áreas de carga e descarga



Fonte: Próprio Autor

Para realizar a computação das viagens, definiu-se 4 pontos na área de carga e 4 pontos na área de descarga, que foram coletados na página www.maps.google.com, nesta todas as posições são coletadas no formato denominado graus decimais, conforme imagens 4.4 e 4.5.

Área de carga:

P1: (-16.314173, -48.945490);

P2: (-16.314656, -48.945698);

P3: (-16.314867, -48.944946);

P4: (-16.314410, -48.944821).

Área de descarga:

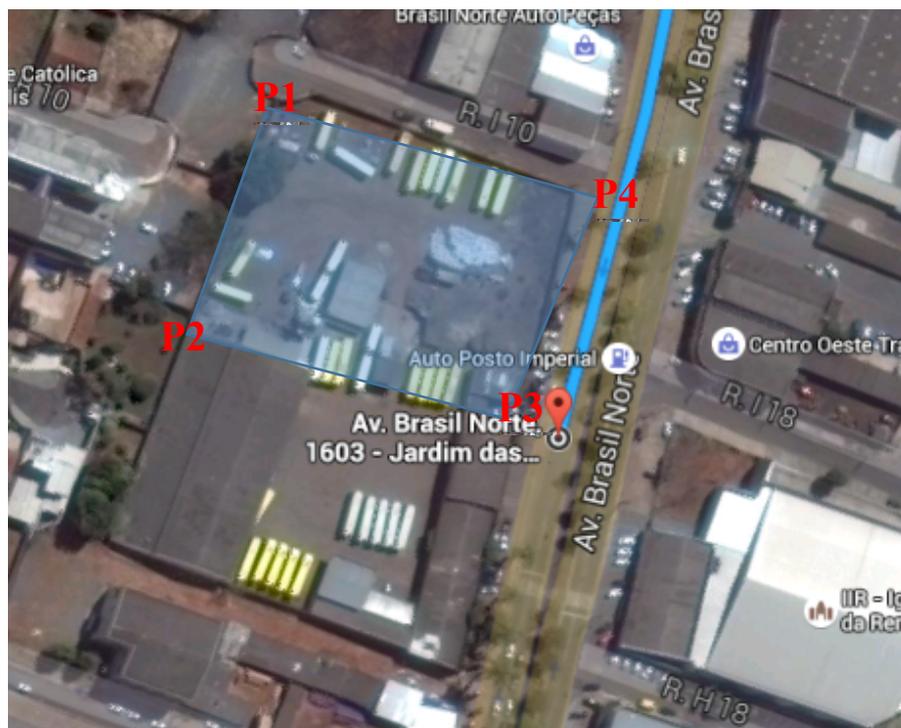
P5: (-16.313940, -48.934645);

P6: (-16.314255, -48.934853);

P7: (-16.314347, -48.934570);

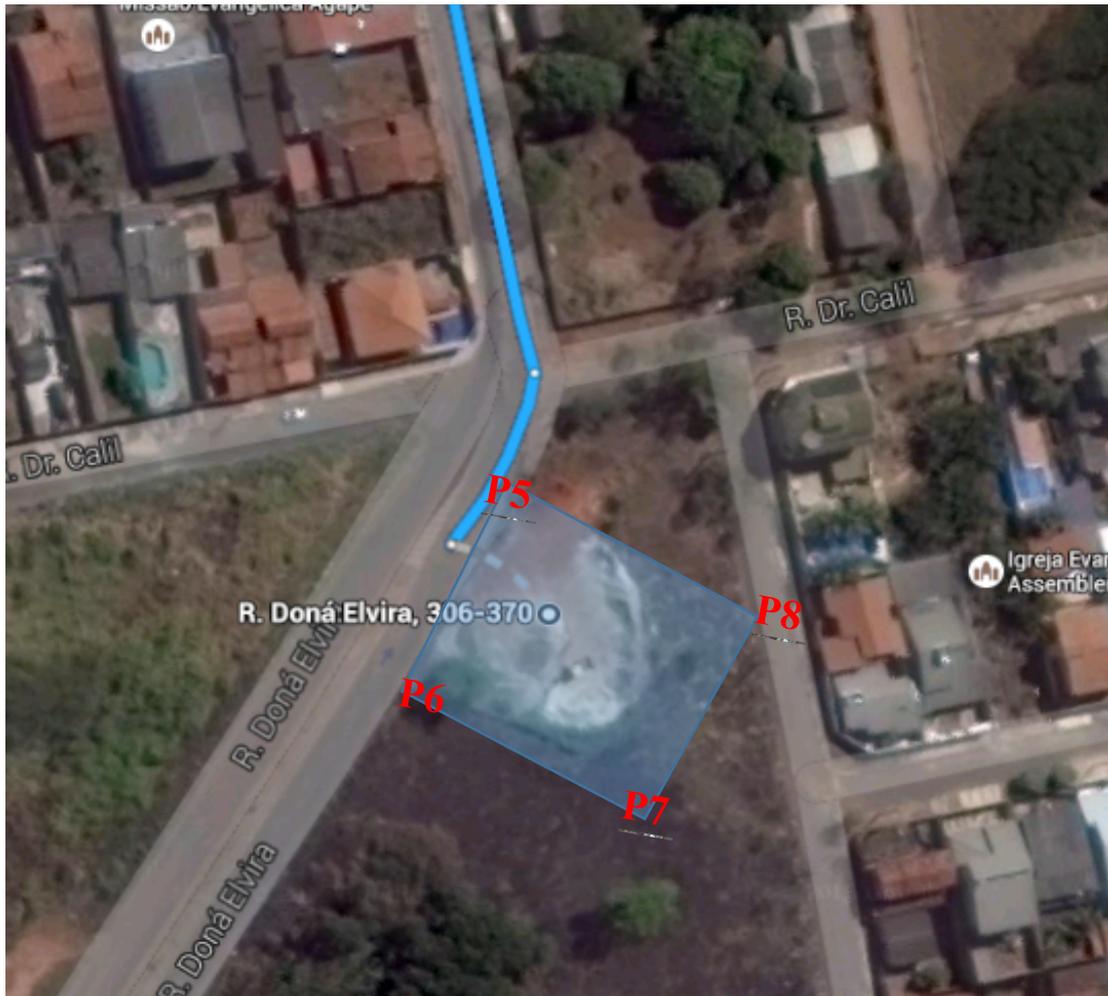
P8: (-16.314148, -48.934448).

Imagem 4.4 – Pontos na área de carga



Fonte: Próprio autor

Imagem 4.5 - Pontos na área de descarga



Fonte: Próprio Autor

4.3 COLETA DE DADOS

Para coleta de dados, selecionou um caminhão basculante e instalou o dispositivo no mesmo, assim o dispositivo coletou as informações em um período de viagens. Para efeito comparativo coletou-se os dados de maneira manual, assim pode-se tirar conclusões a cerca das diferenças nos apontamentos, que serão comentadas no capítulo 5.

Na tabela 4.1 pode-se ver um resumo da coleta de dados do protótipo, a fonte das informações é o arquivo CSV gerado pelo protótipo, no momento da coleta.

Tabela 4.1 – Dados de apontamento do protótipo

Qty Viagens	Carga			Descarga		
	Hr	Min	Seg	Hr	Min	Seg
1	16	13	31	16	17	34
2	16	24	21	16	27	58
3	16	35	25	16	38	30
4	16	44	23	16	47	44
5	17	3	38	17	6	53
6	17	11	53	17	14	59
7	18	19	6	18	23	3
8	18	28	27	18	32	57
9	18	37	58	18	41	21
10	18	46	35	18	50	41

Fonte: Próprio Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para esse trabalho realizou-se um comparativo entre o apontamento automatizado e manual, o principal aspecto analisado foram possíveis diferença entre os tipos de apontamento, uma vez que essa característica determinaria a viabilidade do processo de apontamento com Arduino.

Em relação a quantidade de viagens quantificadas pelo apontamento manual e automatizado, teve-se 100% de precisão na amostra coletada. Em relação ao horário de entrada no ponto de carga e descarga observou-se variações devido principalmente as diferenças entre os relógios utilizados, no entanto tal variação não foi significante para os resultados desse projeto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Neste trabalho abordou-se o tema apontamento de obras de terraplenagem apresentando uma nova solução para tal atividade, utilizando a tecnologia de GPS e uma placa de Arduino para a montagem do protótipo que foi utilizado em um teste em campo em uma obra de baixa complexibilidade.

O objetivo geral deste trabalho foi alcançado, mostrando primeiramente a viabilidade de construção de um protótipo funcional que fosse efetivo na contabilização de viagens em obras de terraplanagem. Verificou-se também a inexistência de fatores que inviabilizavam a implementação do dispositivo, uma vez que não houve necessidade de alteração no processo de terraplenagem.

Para próximos trabalhos, sugere-se a execução de trabalhos voltados à viabilidade de implementação em obras de grande porte, assim como a viabilidade de outras tecnologias de posicionamento como Bluetooth e rádio frequência. Outra análise de grande relevância seria a utilização de dados coletados para monitoramento da produtividade de obras de engenharia civil, junto a softwares como MS-Project.

7 REFERÊNCIAS

- AECWEB. (01 de Fevereiro de 2013). *Blog Aecweb*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Mobuss - Construção Civil: <http://blogaecweb.com.br/blog/wp-content/uploads/2013/02/MOBUSS-Construcao-Civil.jpg>
- Ahn, S., Kim, J., Dunston, P., Kandil, A., & Martinez, J. (2015). *Characterizing Travel Time Distributions in Earthmoving Operations Using GPS Data*. Acesso em 02 de Junho de 2015, disponível em <ftp://ftp.asce.org/Computing%20in%20CE%202015/Final%20Full%20Articles%20+%20CTA/137.pdf>
- Akkari, A. (Junho de 2015). *Instituto Pini*. Fonte: Planejamento de Obras com o uso do MS-Project: <http://institutopini.pini.com.br/seminarios/cursos/planejamento-de-obras-com-o-uso-do-ms-project%C2%AE-304147-1.asp>
- Android Arduino. (Dezembro de 2011). *Android Arduino*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em <http://www.androidarduino.com.br/blog/wp-content/uploads/2011/12/post1fig2.jpg>
- Aycock, S. (2015). *eHow*. Acesso em 02 de Novembro de 2015, disponível em History Microcontroller: http://www.ehow.com/info_10018768_history-microcontroller.html
- Azevedo, M. L. (2012). *Produtividade na construção civil*. Acesso em 01 de Junho de 2015, disponível em http://www.ecivilnet.com/artigos/produtividade_na_construcao_civil.htm
- Brain, M., & Harris, T. (2013). *Como funcionam os receptores GPS*. Acesso em 02 de Junho de 2015, disponível em How Stuff Works?: <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/receptores-gps.htm>
- Castro, B. A. (2015). *Construção de Estradas e Vias Urbanas*. (Universidade Federal de Minas Gerais) Acesso em 02 de Junho de 2015, disponível em <http://www.etg.ufmg.br/ensino/transportes/disciplinas/etg033/turmaa/tb13.pdf>
- Catterpillar. (2015). *CAT*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Sistema Accugrade para controle de nivelamento: http://www.cat.com/pt_BR/support/operations/technology/earth-moving-solutions/accugrade-grade-control-system.html
- Costa, R. (2013). *Máquinas para escavação, aterros e demais serviços*. Acesso em 02 de Junho de 2015, disponível em TerraplanagemBr: <http://www.terraplanagembr.com.br/maquinas-para-terraplanagem/>
- Cursos FPMP. (Janeiro de 2014). *Cursos FPMP*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em [Cursos - Terraplanagem: http://www.cursosfpmp.com.br/fotos/5702c71b11eeb333ce8e1e3286aebd3c.jpeg](http://www.cursosfpmp.com.br/fotos/5702c71b11eeb333ce8e1e3286aebd3c.jpeg)
- Ferreira, F. (2014). *História do GPS*. Acesso em 06 de Junho de 2015, disponível em GPSPoint: <http://www.gpspoint.com.br/gps/94-historia-do-gps>
- Freire, E. (2008). *Fundamentos do Gerenciamento de Projeto*. Acesso em 25 de Junho de 2015, disponível em Linha de código: <http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/1765/fundamentos-do-gerenciamento-de-projetos-algumas-coisas-interessantes-antes-de-%22colocar-a-mao-da-massa%22-parte-01.aspx>
- Gong, J., & Caldas, C. (Junho de 2010). A computer vision and reasoning based video interpretation system for rapid productivity analysis of construction operation. *Nottingham University Press*.
- Gongorra, M., & Sodré, U. (2005). *A origem dos números*. Acesso em 25 de Junho de 2015, disponível em [Matemática Essencial: http://pessoal.sercomtel.com.br/matematica/fundam/numeros/numeros.htm](http://pessoal.sercomtel.com.br/matematica/fundam/numeros/numeros.htm)

- Google. (2015). *Google*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Arduino em Automação Residência: http://api.ning.com/files/ozyKsCsmqo3k5*3Gp8RSToCT*UmqzAMCXqcZgHqVQSC3M2H6-nEFRWisszry8fyWGOHa4boqrhygiwIUwWGcScjnSYI4XTToQ/FOTO01.jpg
- Ibrahim, M., & Moselhi, O. (Julho de 2014). Automated productivity assessment of earthmoving operations. *Journal of Information Technology in Construction*, 16.
- Illiano, B. (Julho de 2012). *Bartolo Illiano*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Bartolo Illiano - Blog: http://www.bartoloilliano.com/wp-content/uploads/2012/07/quadcopter-3d-printed-pl1q_vampire_1.jpg
- Kannan, G. (1999). *A Methodology For The Development Of A Production Experience Database For Earthmoving Operations Using Automated Data Collection*. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Lafate Locação. (Julho de 2014). *Lafate Locação*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Equipamentos: <http://www.lafaetelocacao.com.br/pt/wp-content/uploads/manage4systems>.
- (2013). *Software Terraplanagem*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em CoreLoads - SistemaWeb Terraplanagens: <http://softwareterraplanagem.com/>
- Meike, R. (24 de Outubro de 2012). *Digital Diner*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Arduino Uno vs BeagleBone vs Raspberry Pi: <http://digitaldiner.blogspot.com.br/2012/10/arduino-uno-vs-beaglebone-vs-raspberry.html>
- MIO. (2011). *Mio - Explore More*. Acesso em 01 de November de 2015, disponível em History of GPS: <http://www.mio.com/technology-history-of-gps.htm>
- Mobuss Construção. (10 de Julho de 2015). *Mobuss Construção*. Acesso em 2 de Novembro de 2015, disponível em 4 Motivos para usar tablet e smartphone no canteiro de obras: <http://www.mobussconstrucao.com.br/2015/07/10/4-motivos-para-usar-tablets-e-smartphones-no-canteiro-de-obras/>
- Northern Illinois University. ((n.d.)). *Responsible Conduct in Data Management*. Acesso em 01 de Junho de 2015, disponível em The Office of Research Integrity: http://ori.hhs.gov/education/products/n_illinois_u/datamanagement/dctopic.html
- Portal dos Equipamentos. (s.d.). *Portal dos Equipamentos*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Motoniveladora: http://www.portaldosequipamentos.com.br/prod/e/motoniveladora-140k_32197_31350
- Redação Rural News. (2015). *O GPS e suas aplicações*. Acesso em 06 de Junho de 2015, disponível em Rural News: <http://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=983>
- Shirriff, K. (Maio de 2015). *Righto*. Acesso em 02 de Novembro de 2015, disponível em The Texas Instrument TMX1795: <http://www.righto.com/2015/05/the-texas-instruments-tmx-1795-first.html>
- SIMOVA. (2015). *ConstruMobil*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Sistema de Apontamento Eletrônico: http://media.wix.com/ugd/804a93_8a9b9f9cfe8c4f4a92cafc92d70f6e5e.pdf
- SSTOPOGRAFIA. (01 de Dezembro de 2014). *SSTopografia*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Georreferenciamento Famato: http://sstopografia.com.br/wp-content/uploads/2014/12/georre_famato.jpg
- UNIFAL. (Fevereiro de 2014). *UniFal - MG*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Planejamento de Obras: http://www.unifal-mg.edu.br/planejamento/sites/default/files/styles/galleryformatter_slide/public/proplan/galeria/0003%20-%20Execu%C3%A7%C3%A3o%20de%20terraplanagem%20-%20Data%2007-02-2014.JPG

- Venturini, J. (2011). *Produtividade da mão de obra*. (PINI Revistas) Acesso em 01 de Junho de 2015, disponível em Equipe de obra: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/38/produtividade-da-mao-de-obra-225314-1.aspx>
- Wikipedia. (15 de Julho de 2015). *Wikipedia*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Georreferenciamento: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Georreferenciamento>
- YTIMG. (2015). *YTIMG*. Acesso em 01 de Novembro de 2015, disponível em Apontador de obras: <http://i.ytimg.com/vi/8WD0pSMMxc4/hqdefault.jpg>
- Zhang , C., Hammad, A., & Bahnassi, H. (2009). Collaborative multi-agent systems for construction equipment based on real-time field data capturing. *ITcon* , 14, 204-228.

8 ANEXO

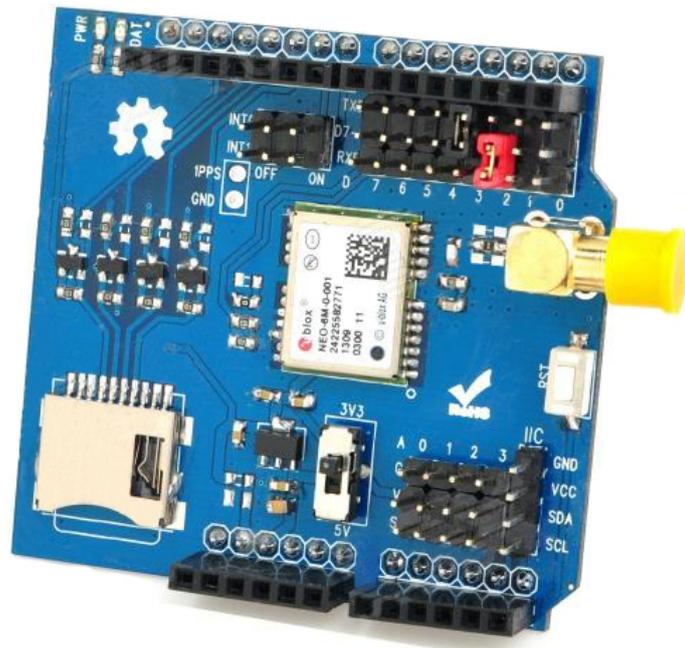
ANEXO 1 – Especificações técnicas da Shield de GPS

ANEXO 2 – Código elaborado para o protótipo

Arduino GPS Shield

-A high performance GPS shield for Arduino

Overview



Arduino GPS shield is a GPS module breadout board designed for Global Positioning System receiver with SD interface. It is easy to use for recording the position data into SD card. 5V/3.3V compatible operation voltage level make it compatible with Arduino boards, leaf maple, IFlat32 and other arduino compatible boards.

Features

- With Micro SD interface
- Active antenna design with high receive sensitivity, compatible normal antenna
- Extremely fast time to first fix at low signal level
- UART interface
- Operation temperature: -40 ~ +85

Specifications

PCB size	55.88mm X 54.1mm X 1.6mm
Indicators	PWR,
Power supply	compatible with Arduino
Communication Protocol	UART
RoHS	Yes

Electrical Characteristics

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	4.5	5	5.5	VDC
Input Voltage VH:	3	-	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V
Baud rate		38400		bps

Hardware

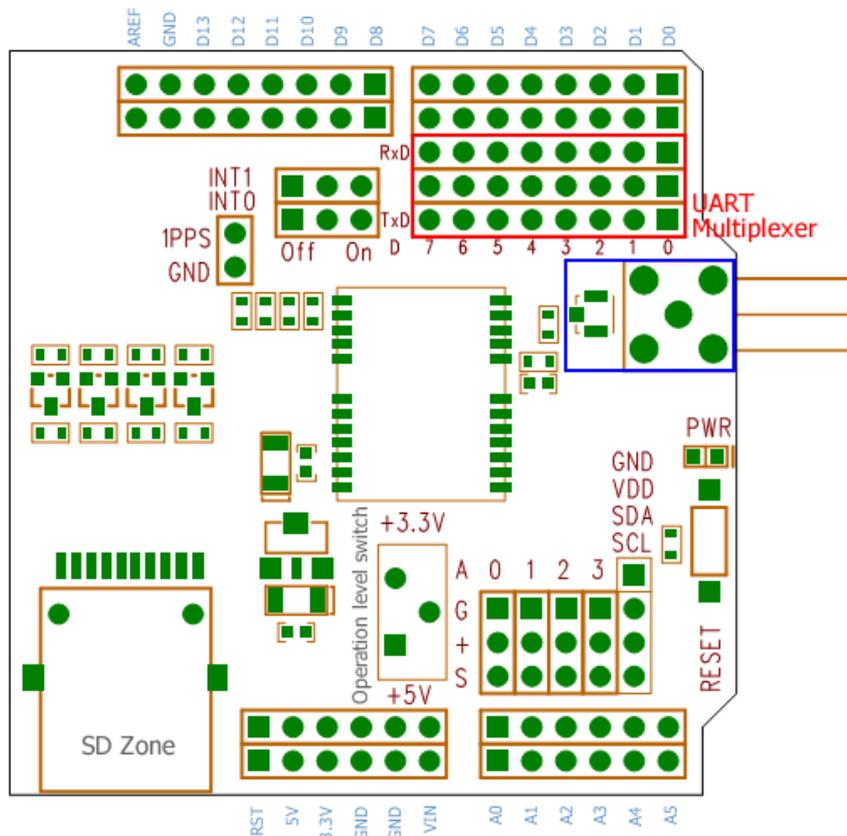


Figure 1 Top Map

Arduino PIN	Description
D0	Data
D1	Din
D2	-
D3	-
D4	-
D5	-
D6	-
D7	-
D8	-
D9	-
D10	CSN
D11	MOSI
D12	MISO
D13	SCK
A0	Breakout
A1	Breakout
A2	Breakout
A3	Breakout
A4	IIC_SDA
A5	IIC_SCL

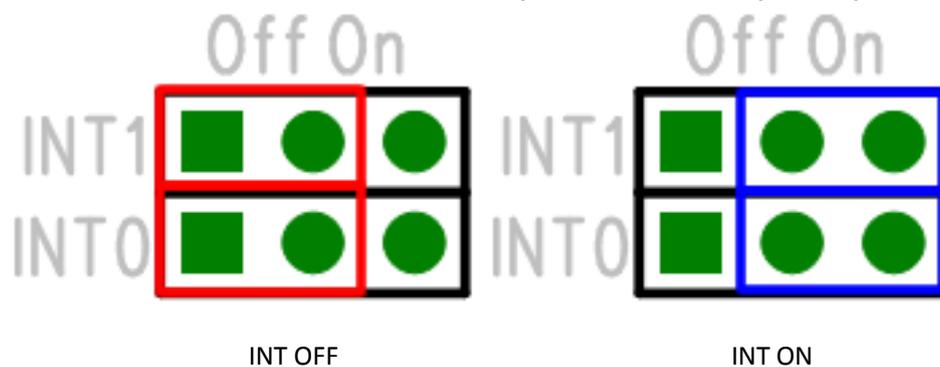
Installation

When install GPS shield to Arduino, please check the operation voltage level of development board. If the voltage is 3.3V (IFLAT32,Leaf maple), set the Operation Level Setting switch to 3.3V. If the voltage is 5V(Arduino), set the Operation Level Setting switch to 5V.

Interrupt Set

The INT0 is the broke out of the external interrupt pin of GPS module, if not use, please set the jumper to OFF as the following figure.

The INT1 is the broke out of the 1PPS output. When the GPS module has tracked to the GPS satellite, this pin will send a pulse per second.



```

//Adiciona bibliotecas
#include <TinyGPS.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

TinyGPS gps; //Cria objeto GPS
SoftwareSerial gpsSerial(7, 6); //Define os pinos de serial

//Variaveis Dinamicas
long lat, lon;
unsigned long fix_age, date, time;
int year;
byte month, day, hour, minutes, second, hundredths;
int qtdeViagens = 0;
int hora_carga, minuto_carga, segundo_carga;
int hora_descarga, minuto_descarga, segundo_descarga;
int StatusCarga = 0;
int StatusDescarga = 0;

//Variaveis Fixas
//Dados de Carga
int coCarga = 4;

long cxCarga [] = { -16324383, -16324653, -16324953, -16324603 };
long cyCarga [] = { -48942748, -48942990, -48942598, -48942317 };
//Dados de Descarga
int coDescarga = 4;
long cxDescarga [] = { -16312551, -16312607, -16313209, -16313090};
long cyDescarga [] = { -48933953, -48934554, -48934443, -48933875};

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Porta para usar SERIAL no PC
  gpsSerial.begin (38000); //Configuracao de taxa de recebimento de dados GPS
  pinMode(10, OUTPUT); //Configuracao de pino do cartao SD
  if (!SD.begin(10)) {
    return;
  }
}

void loop() {
  bool isGpsLocationValid = false;
  do
  {
    while (gpsSerial.available() > 0)
    {
      char c = byte(gpsSerial.read());
      if (gps.encode(c))
      {
        isGpsLocationValid = true;
      }
    }
  } while (isGpsLocationValid == false);
}

```

```

//Coleta dados GPS
gps.get_position(&lat, &lon, &fix_age);
gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minutes, &second, &hundredths, &fix_age);

//Mostrando no Serial
Serial.println(); Serial.print("Num de Viagens: "); Serial.print(qtdeViagens);
Serial.println(); Serial.print("Hora: "); Serial.print(hour); Serial.print(":"); Serial.print(minutes); Serial.println();

//Verificacoes
verificaCarga();
verificaDescarga();
apontar();
delay(1000);
}

//Verifica se um ponto esta dentro da Area de Carga
int verificaCarga() {
    int i, j = coCarga - 1 ;
    for (i = 0; i < coCarga; i++) {
        if (cyCarga[i] < lon && cyCarga[j] >= lon || cyCarga[j] < lon && cyCarga[i] >= lon)
            if (cxCarga[i] + (lon - cyCarga[i]) / (cyCarga[j] - cyCarga[i]) * (cxCarga[j] - cxCarga[i]) < lon)
                StatusCarga = 1;
            hora_carga = hour; minuto_carga = minutes; segundo_carga = second;
        }
    }
    j = i;
}

int verificaDescarga() {
    int i, j = coDescarga - 1 ;
    for (i = 0; i < coDescarga; i++) {
        if (cyDescarga[i] < lon && cyDescarga[j] >= lon || cyDescarga[j] < lon && cyDescarga[i] >= lon)
            if (cxDescarga[i] + (lon - cyDescarga[i]) / (cyDescarga[j] - cyDescarga[i]) * (cxDescarga[j] - cxDescarga[i]) < lon)
                StatusDescarga = 1;
        }
    }
    j = i;
}

int apontar() {
    if (StatusCarga == 0 && StatusDescarga == 0 ) {
        Serial.println("Ir para: Carga");
    }
    if (StatusCarga == 1 && StatusDescarga == 0 ) {
        Serial.println("Ir para: Descarga");
    }
    if (StatusCarga == 1 && StatusDescarga == 1 ) {
        Serial.println("Viagem");
        Serial.println("Completa");
        //Inicia novamente o ciclo para cair nos condicionais de cima, e adiciona uma viagem
        StatusCarga = 0;
    }
}

```

```

StatusDescarga = 0;
qtdeViagens = qtdeViagens + 1;
//Captando horario de chegada e calculando variacao de tempo na viagem
hora_descarga = hour; minuto_descarga = minutes; segundo_descarga = second;

//salvando dados no cartao
File dataFile = SD.open("jeje.txt", FILE_WRITE);
if (dataFile)
{
  dataFile.println();
  dataFile.print(qtdeViagens); dataFile.print(",");
  dataFile.print(hora_carga); dataFile.print(",");
  dataFile.print(minuto_carga); dataFile.print(",");
  dataFile.print(segundo_carga); dataFile.print(",");
  dataFile.print(hora_descarga); dataFile.print(",");
  dataFile.print(minuto_descarga); dataFile.print(",");
  dataFile.print(segundo_descarga); dataFile.print(",");

  Serial.println("DADOS SALVOS COM SUCESSO");
  dataFile.close();
}
else {
  Serial.println("ERRO NA HORA DE SALVAR O DADO NO CARTAO");
}
}
if (StatusDescarga == 1 && StatusCarga == 0) {
  Serial.println("Ir para: Carga");
  StatusDescarga = 0;
}
}

```