

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

WILLYAN WEISS ILHA DOS SANTOS

**SISTEMA DE INDICAÇÃO DE AJUSTE DA CONSTANTE
K DO CRONOTACÓGRAFO ELETRÔNICO 1318**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

WILLYAN WEISS ILHA DOS SANTOS

SISTEMA DE INDICAÇÃO DE AJUSTE DA CONSTANTE K DO CRONOTACÓGRAFO ELETRÔNICO 1318

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Elétrica - DAELE - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Roel Ortiz

PATO BRANCO

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **SISTEMA DE INDICAÇÃO DE AJUSTE DA CONSTANTE K DO CRONOTACÓGRAFO ELETRÔNICO 1318** do acadêmico **Willyan Weiss Ilha dos Santos** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora **Nº 123** de **2017**.

Fizeram parte da banca examinadora os professores:

Prof. Dr. Jorge Luis Roel Ortiz

Prof. Dr. César Rafael Claire Torrico

Prof. Dr. Fábio Luiz Bertotti

Dedico esta, a todos que estiveram presentes nessa minha caminhada. Em especial minha mãe Kátia, que nunca mediu esforços para me dar a melhor educação possível. Ao meu pai Arvi Paulo, por ter me apoiado esse tempo todo sem nunca hesitar. Ao meu irmão Welerson e minha linda namorada Caroline, que em nenhum momento me deixaram desanimar com as dificuldades encontradas. E por fim, um reconhecimento e uma admiração muito grande, ao meu professor orientador, Jorge Luis Roel Ortiz.

*Nunca é tarde demais para ser aquilo que sempre
desejou ser.*

George Eliot

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores, que de uma maneira ou outra, colaboraram para meus conhecimentos durante toda a trajetória acadêmica. Agradeço a cada um que se dispôs em me auxiliar em cada etapa desse trabalho. Um agradecimento especial para toda a equipe da mecânica Cargoeste e do posto autorizado do Inmetro, RTC Peças e Serviços, que se dispuseram a tirar todas as dúvidas pertinentes, para o desenvolvimento da monografia.

RESUMO

DOS SANTOS ILHA, Willyan Weiss. **Sistema de indicação de ajuste da constante K do cronotacógrafo eletrônico EC 1318**. 2017 64f. Monografia(Graduação em Engenharia Elétrica)- Departamento Acadêmico de Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco,2017.

O cronotacógrafo é um dispositivo utilizado para registrar informações de viagem dos veículos. Entre essas informações é possível destacar velocidade instantânea, velocidade média, distância percorrida, tempo de viagem, entre outros dados do veículo. Por ser um equipamento de importância fundamental na fiscalização de frotas, a verificação do dispositivo se torna essencial na hora de manter o veículo regularizado. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e tecnologia(Inmetro) estipula um intervalo de verificação de 2 anos, a fim de certificar que o veículo e o cronotacógrafos estejam devidamente calibrados. A constante K é o parâmetro utilizado para efetuar o sincronismo do dispositivo com o veículo. Essa constante carrega a informação da quantidade de pulsos que o sensor de velocidade envia para o cronotacógrafo, na distância de 1000 metros. Dessa forma, esse trabalho teve como propósito apresentar uma nova metodologia para obter a constante K do cronotacógrafo eletrônico EC 1318. Partindo do princípio de funcionamento do dispositivo até seus métodos de aferição, com o intuito de desenvolver um equipamento capaz de adquirir o parâmetro desejado, utilizando um dispositivo de posição global(GPS). O método de utilizar o dispositivo de GPS como referência de distância, se mostrou eficaz dentro dos requisitos estabelecidos para realizar os ensaios. A utilização do sistema proposto tornou o equipamento desenvolvido um artifício, no momento de se obter a constante k . Dentre os vários ensaios realizados os melhores resultados obtidos permaneceram na margem de erro admissível pelo Inmetro, margem essa de 1%. Com isso a metodologia proposta satisfaz o objetivo principal de obter a constante K .

Palavras-chave: Cronotacógrafo, Constante K , Parâmetro W .

ABSTRACT

Dos Santos Ilha, Willyan Weiss. **System of adjustment indication of constant K of electronic tachograph EC 1318**. 2017 64f. Monograph(Electrical Engineering Undergraduate) Academic Department of Electrical Engineering, Federal Technological University of Parana, Pato Branco 2017.

The tachograph is a device used to register vehicle travel information. Out of all information available about the vehicle, it is possible to highlight, instant velocity, mean velocity, distance travelled and travel time. For being a device of fundamental importance in fleet inspection, the verification of the device becomes essential when it comes to keeping the vehicle regularized. The National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality (Inmetro) sets a 2 year inspection interval, in order to certify that the vehicle and the tachograph are properly calibrated. The constant K is the parameter used to conduct the synchrony between the vehicle and the device. This constants holds the data about the pulse quantity, that the velocity sensor sends to the tachograph, in the distance of 1000 meters. Currently, the method used to obtain the parameter K is through the use of a 20 meter track. Therefore, as this project progresses, a new methodology will be presented in order to obtain the constant K of the electronic tachograph EC 1318. Starting from the operation principles of the device until its gauging methods, with the intent of developing an equipment capable of acquiring the desired parameter, using a global positioning device (GPS). The method of using the GPS device as a reference for the distance, was shown to be effective within the established requirements to conduct the tests. The use of the proposed system turned the equipment developed an artifice, at the moment of obtaining the constant k . Among the several tests performed the best results obtained remained within the permissible margin of error by Inmetro. A margin of 1%. Hence the proposed methodology satisfies the main goal of obtaining the constant K

Keywords: Chronotechograph, Constant K , Parameter W .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Cronotacógrafo Eletrônico 1318	13
Figura 2:	Cronotacógrafo Eletrônico-digital 1318	13
Figura 3:	Componentes do cronotacógrafo EC 1318.	18
Figura 4:	Disco Diagrama.	19
Figura 5:	Esquemático do sensor indutivo.	20
Figura 6:	Topologias do sensor indutivo PNP e NPN.	20
Figura 7:	Método de ensaio utilizado para obter a constante W	22
Figura 8:	Pista de 20 metros.	23
Figura 9:	Banco de rolos.	24
Figura 10:	Sistema de Posição Global.	26
Figura 11:	Constelação de Satélites	27
Figura 12:	Estações Terrestres	28
Figura 13:	Representação da posição de um ponto P no plano cartesiano.	29
Figura 14:	Receptor GPS NEO-6MV2	31
Figura 15:	Kit microcontrolador Stellaris.	34
Figura 16:	Empresas parceiras.	35
Figura 17:	Equipamentos utilizados para aferir a constante K	36
Figura 18:	Ensaio do banco de rolos.	37
Figura 19:	Lacres emitidos pelo inmetro no cronotacógrafo.	38
Figura 20:	Localização do sensor no veículo.	39
Figura 21:	Ensaio para obter sinal do sensor do veículo.	40
Figura 22:	Sinal sensor indutivo.	40
Figura 23:	Topologias para adequação do sinal.	41
Figura 24:	Circuito para atenuação do sinal	43
Figura 25:	Circuito para atenuação do sinal.	43

Figura 26: Display LCD 16x2.	45
Figura 27: Pista de atletismo UTFPR	45
Figura 28: Decodificação sentença NMEA.	46
Figura 29: Exemplo de distância.	47
Figura 30: Equipamento desenvolvido para testes.	48
Figura 31: Regulador de tensão LM7805.	49
Figura 32: Certificado de aferição.	49
Figura 33: Pista de ensaio reduzida de 20 metros.	50
Figura 34: Pista de ensaio reduzida de 20 metros.	51
Figura 35: Atualização das microchaves.	52
Figura 36: Pista de ensaio de 200 metros.	54
Figura 37: Pista de ensaio de 300 metros.	55
Figura 38: Pista de ensaio de 500 metros.	56

LISTA DE TABELAS

1	Calibração da Constante K	22
2	Significado da sentença GPGGA do protocolo NMEA.	32
3	Calibração da Constante K	44
4	Ensaio pista de 200 metros	54
5	Ensaio pista de 200 metros [erro]	54
6	Ensaio pista de 300 metros	55
7	Ensaio pista de 300 metros [erro]	55
8	Ensaio pista de 500 metros	56
9	Ensaio pista de 500 metros [erro]	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	14
1.2	OBJETIVO GERAL	14
1.2.1	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO TEÓRICA	16
2.1	CRONOTACÓGRAFO ELETRÔNICO 1318	16
2.1.1	CARACTERÍSTICAS DO CRONOTACÓGRAFO ELETRÔNICO 1318	16
2.1.1.1	Dispositivo Processador	16
2.1.1.2	Dispositivo registrador	17
2.1.1.3	Dispositivo indicador	17
2.1.1.4	Dispositivos Auxiliares	17
2.1.2	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	18
2.1.2.1	Disco Diagrama	18
2.1.2.2	Sensor de Velocidade	19
2.2	SISTEMA DE AJUSTE DA CONSTANTE K	20
2.3	LEGISLAÇÃO DO CRONOTACÓGRAFO	24
2.4	SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMENTO	25
2.4.1	Sistema espacial	26
2.4.2	Segmento de controle	26
2.4.3	Segmento do Usuário	27
2.4.4	Cálculo da Posição por Coordenadas	27
2.4.5	Cálculo da distância entre dois pontos	29
2.5	DISPOSITIVO RECEPTOR DE GPS NEO-6MV2	30
2.5.1	Protocolo NMEA	31
2.5.1.1	Características das sentenças NMEA	31
2.6	MICROCONTROLADOR STELLARIS LM4F120H5QR	33
3	METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO	35

3.1	PROCESSO DE AFERIÇÃO DO CRONOTACÓGRAFO EC 1318	36
3.1.1	Teste e selagem do Equipamento	36
3.2	ELABORAÇÃO DO EQUIPAMENTO PARA INDICAÇÃO DA CONSTANTE K	38
3.2.1	Sensor indutivo do Veículo	39
3.2.2	Circuito para Aquisição do sinal	40
3.2.3	Implementação da Tabela de conversão W	44
3.2.4	Acoplamento do dispositivo GPS e microcontrolador	44
3.2.5	Cálculo da distância percorrida	46
3.3	EQUIPAMENTO DESENVOLVIDO	47
3.3.1	Ensaio da constante W	49
4	RESULTADOS	53
5	CONCLUSÃO	58

1 INTRODUÇÃO

O cronotacógrafo é um equipamento utilizado para registrar os dados de viagem de veículos. No Brasil, de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro(CIVIL, 1997), veículos de carga com peso bruto acima de 4.536 quilogramas, assim como veículos com 10 passageiros ou mais, são obrigados a utilizar o dispositivo. Os primeiros cronotacógrafos utilizados para a fiscalização de frota foram empregados em trens(INMETRO, 2017). Seu criador, Max Maria von Weber, ficou mundialmente conhecido pelo seu método de controle e fiscalização, criado no século XIX, ser aplicado atualmente em veículos(INMETRO, 2017).

É possível encontrar três tecnologias de cronotacógrafos:mecânicos,eletrônicos e os eletrônicos-digitais. O cronotacógrafo mecânico foi o primeiro a ser comercializado no Brasil, e ainda está presente em quase toda a frota de veículos antigos, porém atualmente é produzido apenas pelo mercado de reposição. Sua característica mecânica está relacionada à utilização de um cabo mecânico para identificação da velocidade do veículo (MOPPBRASIL, 2012).

Atualmente, o cronotacógrafo eletrônico é o mais utilizado. Estima-se que 90% dos veículos de carga e passageiros utilizam esse tipo de equipamento devido a sua praticidade e confiabilidade quando comparado com o mecânico, e o preço, quando comparado com o digital(TREVISAN, 2016). A substituição do cabo mecânico por sinais elétricos é a principal diferença entre o equipamento mecânico e os outros dois(MOPPBRASIL, 2012) . O dispositivo eletrônico-digital é a evolução dos anteriores,pois contém diversas funções e aplicações, mas seu elevado custo é uma das razões pelas quais as concessionárias têm optado pelo modelo eletrônico, o mais utilizado pelas montadoras e pelo mercado de reposição(TREVISAN, 2016).



Figura 1: Cronotacógrafo Eletrônico 1318
Fonte: taconews (2005b)



Figura 2: Cronotacógrafo Eletrônico-digital 1318
Fonte: taconews (2005a)

A Figura 2 ilustra o modelo de cronotacógrafo eletrônico-digital, o MTCO 1390.

Para que o cronotacógrafo seja capaz de registrar os dados de velocidade instantânea e média, distância percorrida, tempo de viagem, entre outros dados, é necessário realizar a leitura do sinal emitido pelo sensor de velocidade, instalado na saída da caixa de câmbio. Esse sensor capta a velocidade rotacional do eixo e a envia, através de pulsos elétricos, para o cronotacógrafo processar esses dados e atuar no velocímetro e no hodômetro parcial (SCANIA, 2001). O ajuste ou aferição de velocidade é realizado em cada veículo com intuito de verificar e ajustar o cronotacógrafo em relação ao parâmetro de velocidade do veículo. Atualmente, o Inmetro estipula a aferição do cronotacógrafo a cada 2 anos (PARANÁ, 2016). A aferição do cronotacógrafo do modelo 1318 é realizada através da combinação de 10 chaves que ficam instaladas no interior do dispositivo.

O processo de acionamento das chaves é feito manualmente, baseado em tabelas que relacionam a quantidade de pulsos emitidos pelo sensor indutivo na

distância de 1000 metros (parâmetro W). O Inmetro utiliza banco de rolos e pistas reduzidas para realizar a simulação e os testes de acordo com a norma nº NIE-DIMEL-100 de 2011 . Para determinar os pulsos emitidos pelo sensor durante o ensaio, é acoplado ao cronotacógrafo um equipamento que faz a leitura e o processamento do sinal(NIE-DIMEL-100, 2011). Por meio de tabelas fornecidas pelos fabricantes é obtida a relação entre os valores de W adquiridos no ensaio, e as chaves a serem acionadas ou desativadas. As chaves representam o valor K , assinalado no cronotacógrafo(SCANIA, 2001).

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O cronotacógrafo presente nos veículos de carga igual ou superior a 4.536 quilogramas e nos veículos de passageiros com 10 ocupantes ou mais, é responsável por armazenar as informações durante a viagem sobre a velocidade instantânea, distância total percorrida, o tempo do percurso e até mesmo os tempos de parada e movimentação do veículo (CIVIL, 1997). O disco diagrama onde são gravados esses dados é um documento que registra informações que os policiais e peritos utilizam para esclarecer as causas de acidentes. Por isso é de grande importância que os dados sejam armazenados de maneira correta. Segundo estatísticas da Polícia Rodoviária Federal em 2011, 38.523 veículos envolvidos em acidentes ocorridos em rodovias federais no estado do Paraná, 11.474 envolveram caminhões e ônibus, ou seja, 30% dos casos nos quais o uso do cronotacógrafo foi ou poderia ter sido utilizado para serem esclarecidos (PRF, 2015). Realizar a aferição do dispositivo é obrigatório e deve ser efetuada a cada 2 anos. Assim, dada a importância desse dispositivo nos veículos, este trabalho tem como objetivo desenvolver um equipamento de indicação de ajuste da constante K do cronotacógrafo eletrônico EC 1318(SCANIA, 2001).

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema de indicação de ajuste da constante K do cronotacógrafo eletrônico 1318, utilizando GPS como referência de distância.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender o princípio de funcionamento dos cronotacógrafos e a sua relação com os veículos;

-
- Estudar, entender e verificar o processo de aferição dos cronotacógrafos;
 - Projetar o circuito para receber e tratar o sinal emitido pelo sensor;
 - Implementação da tabela de conversão de W para chaves no microcontrolador;
 - inserir no projeto a ligação do GPS com o microcontrolador;
 - Implementar uma interface para indicar a modificação das chaves;
 - Acoplar os circuitos em uma única placa de circuito impresso.

2 REVISÃO TEÓRICA

Nesse capítulo será abordado o estudo sobre o princípio de funcionamento do cronotacógrafo EC 1318 e seus métodos de aferição assim como todo o embasamento teórico dos dispositivos utilizados no desenvolvimento desse trabalho.

2.1 CRONOTACÓGRAFO ELETRÔNICO 1318

O dispositivo chamado de cronotacógrafo é mais conhecido como tacógrafo. A origem do nome está relacionada à maneira como é realizada a gravação no disco diagrama. O registro é realizado por um tacômetro, ou seja, por um instrumento de medição de rotações (ASSOCIATION, 2016). O cronotacógrafo 1318 registra as informações de maneira analógica em um disco de papel, conhecido como disco diagrama. Existem diversos modelos de dispositivos que registram as informações de viagem de um veículo, porém, a grande utilização do modelo eletrônico 1318, tornou-o um equipamento mundialmente conhecido.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DO CRONOTACÓGRAFO ELETRÔNICO 1318

De acordo com o Inmetro, órgão responsável pela regularização do equipamento, o modelo eletrônico EC 1318 é constituído basicamente por quatro dispositivos, classificados como processador, registrador, indicador e suplementares.

2.1.1.1 DISPOSITIVO PROCESSADOR

O dispositivo processador presente no cronotacógrafo eletrônico 1318 é responsável por comandar todo o sistema de funcionamento do equipamento. É responsável por receber as informações de velocidade, que são enviadas pelo sensor instalado na saída da caixa de câmbio. O dispositivo processa essas informações e controla o velocímetro e o Hodômetro parcial. O processador também é responsável por controlar as agulhas que registram as informações no disco diagrama. A Figura 3(a) ilustra a placa do processador.

2.1.1.2 DISPOSITIVO REGISTRADOR

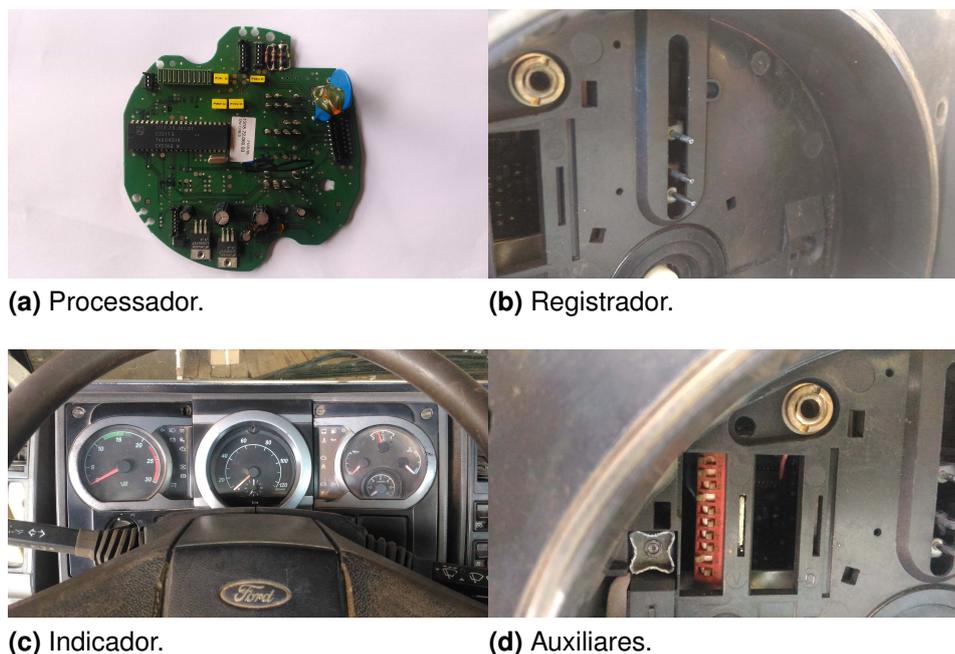
O dispositivo registrador é responsável por realizar as marcações no disco diagrama. O sistema é composto por 3 agulhas de safira que sob pressão geram as marcações que representam a velocidade instantânea, distância percorrida e o tempo de viagem do veículo. A Figura 3(b) ilustra o dispositivo registrador.

2.1.1.3 DISPOSITIVO INDICADOR

O tacógrafo eletrônico 1318 possui um sistema de indicação analógica, o conjunto é composto por um indicador de velocidade instantânea que trabalha em até três escalas, dependendo do veículo elas podem ser 125 km/h, 140 km/h e 180 km/h. O sistema também é composto por um hodômetro, responsável pela indicação da distância percorrida, e por um relógio, indicando a hora para o motorista. A Figura 3(c) ilustra o dispositivo indicador.

2.1.1.4 DISPOSITIVOS AUXILIARES

Por questão de segurança, o cronotacógrafo possui um sistema de indicação luminosa, após ultrapassada a velocidade máxima ajustada, um led vermelho é acionado indicando o excesso de velocidade. Outro dispositivo auxiliar e o mais importante no quesito de aferição do dispositivo, são as microchaves. Elas são as responsáveis pelo ajuste da constante "K" do cronotacógrafo. A Figura 3(d) ilustra as microchaves.



(a) Processador.

(b) Registrador.



(c) Indicador.



(d) Auxiliares.

Figura 3: Componentes do cronotacógrafo EC 1318.
Fonte: Autoria própria, 2017.

2.1.2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O cronotacógrafo é um dispositivo inserido no veículo, de modo que pode ser retirado para manutenção, ou para sua verificação. A fonte de alimentação é oriunda da(s) bateria(s) do próprio veículo. Dependendo do veículo, essa alimentação pode variar entre 12V ou 24V. Por isso deve ser especificado no dispositivo sua tensão de operação. De acordo com a portaria nº 457 do Inmetro, a alimentação do cronotacógrafo deve ser conectada diretamente sobre o polo positivo da bateria, evitando que o instrumento deixe de operar com o veículo desligado (INMETRO, 2008). A sua posição de fixação pode variar de acordo com a montadora do veículo, porém geralmente o dispositivo é colocado na posição frontal do painel, em frente ao operador do veículo.

2.1.2.1 DISCO DIAGRAMA

O cronotacógrafo eletrônico EC 1318 armazena os dados registrados em discos diagramas. As informações são gravadas diariamente, independente da operação do veículo. Os dados armazenados nos diagramas são padronizados numa simbologia universal (BRASIL, 2017). O disco diagrama é composto com uma película de cera sob a superfície que cobre todo o disco. O dispositivo registrador, constituído por três

agulhas, é o responsável pela grafia no diagrama. A Figura 4 ilustra o disco diagrama e suas marcações (SOFTWARE, 2010). No modelo EC 1318 o Disco Diagrama é substituído diariamente ou de maneira semanal. Dependendo do ano do dispositivo, é possível encontrar essas duas versões de armazenamento. O diferencial no modelo de 7 dias é uma lâmina incorporada no conjunto de registro, que corta uma fita que interliga os discos que representam os 7 dias.

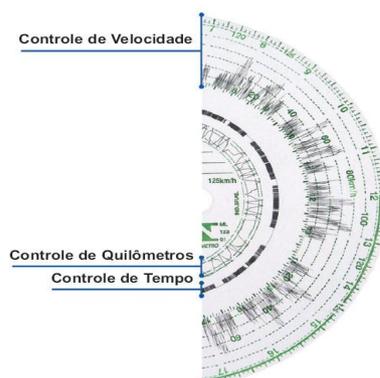


Figura 4: Disco Diagrama.
Fonte: Velomark (2010)

2.1.2.2 SENSOR DE VELOCIDADE

O sensor de velocidade instalado na caixa de mudanças de velocidade do veículo é um sensor do tipo indutivo. O princípio de funcionamento do sensor indutivo está relacionado com a variação do campo magnético, que é gerado internamente no sensor através de um circuito oscilador e de uma bobina (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005). Quando um objeto com características magnéticas é aproximado do dispositivo, há o surgimento de correntes de Foucault. Essas correntes reduzem o campo magnético gerado pelo oscilador, ocasionando assim a diminuição das oscilações. O circuito comparador identifica essa redução e gera um sinal digital, que é amplificado na saída do circuito (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005). O nível lógico do sinal de saída é determinado pela configuração dos transistores utilizados no circuito de amplificação, podendo ser transistores do tipo NPN ou PNP. Ilustrado na Figura 6.

A Figura 5 ilustra a estrutura básica de funcionamento do sensor indutivo, ou sensor de proximidade.

Como visto anteriormente o nível lógico do sinal de saída é uma função da configuração dos transistores.

De acordo com Figura 6(a), quando o sensor indutivo PNP está em repouso,

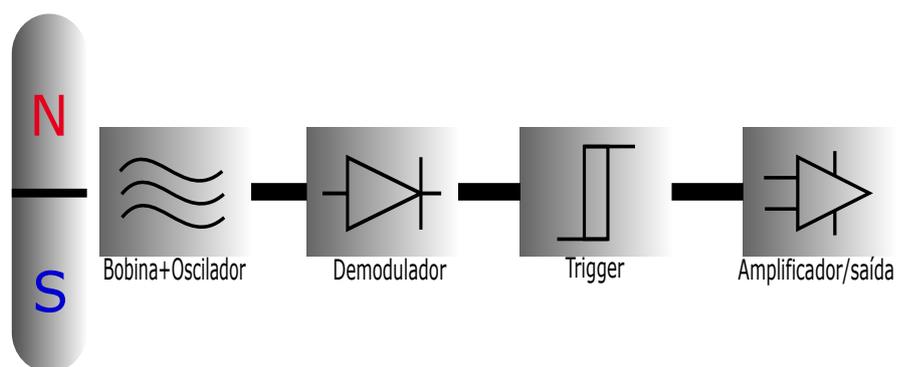
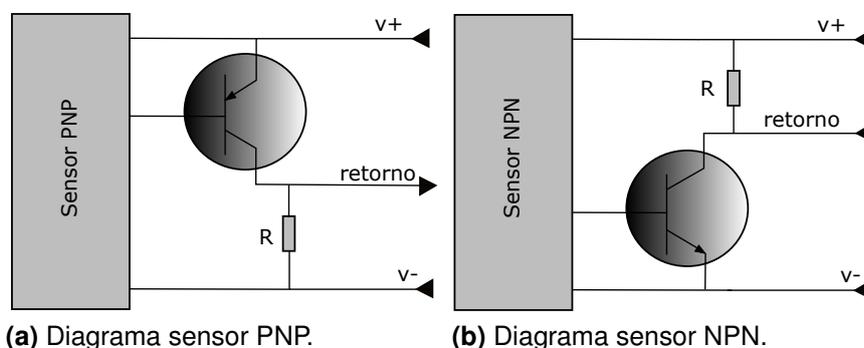


Figura 5: Esquemático do sensor indutivo.
Fonte: Autoria própria, 2016.

o sinal de saída está configurado em nível lógico baixo, devido ao resistor R estar associado numa configuração *pull-down* com o circuito. Quando o sensor identifica uma variação em seu campo magnético, o transistor é acionado e o sinal de saída é levado a nível alto. Na Figura 6(b) quando o sensor está em repouso, o sinal de saída está em nível alto, devido a configuração de *pull-up* do resistor R. Quando o transistor é acionado o sinal de saída é levado a nível baixo.



(a) Diagrama sensor PNP. (b) Diagrama sensor NPN.

Figura 6: Topologias do sensor indutivo PNP e NPN.
Fonte: Adaptado de Automacao (2015)

De acordo com informações técnicas o sensor indutivo instalado na caixa de transmissão do veículo, é configurado na topologia PNP.

2.2 SISTEMA DE AJUSTE DA CONSTANTE K

O cronotacógrafo, como qualquer outro aparelho de medição, necessita ser aferido e calibrado. No caso específico do cronotacógrafo, realizar a calibração significa ajustar o equipamento em relação à dimensão do pneu e à relação de transmissão do veículo (SCANIA, 2001). A relação de transmissão é uma característica de

cada modelo específico, e é definida pela fábrica. A dimensão do pneu também é definida originalmente pela montadora, porém a cada substituição, devido ao desgaste, essa característica é influenciada. A escolha de um pneu com perfil diferente, ou até mesmo, a marca diferente, resulta numa alteração das características iniciais. No modelo eletrônico EC 1318 a calibração entre o equipamento e o veículo, é por meio da constante K . Essa constante é um valor assinalado no cronotacógrafo, e corresponde a um valor médio de um intervalo, acerca da quantidade de pulsos enviados pelo sensor numa distância pré determinada (SCANIA, 2001).

Antes de assinalar a constante K no dispositivo, é necessário obter a constante W do veículo. Esta é a uma característica particular de cada veículo e representa a quantidade de pulsos que o sensor envia em uma distância de 1000 metros. De acordo com o Inmetro, a constante W é definida como:

Coeficiente “w” do veículo: É o fator característico que qualifica e quantifica a informação fornecida pelo veículo correspondente a uma distância de 1 km. O coeficiente “w” deve ser expresso em rotações por quilômetro (rot/km) ou pulsos por quilômetro (pulsos/km). O coeficiente “w” deve ser determinado nas condições de referência (NIE-DIMEL-100, 2011).

A partir de tabelas fornecidas pelos fabricantes é possível relacionar a constante W com o valor a ser assinalado no cronotacógrafo. No modelo EC 1318 a maneira de configurar este valor é por meio da combinação de 10 microchaves, localizadas no interior do dispositivo. Um dos métodos utilizados para obter a constante W é ilustrado na Figura 7. Onde é possível observar que uma marcação foi gerada na parte do pneu que tocou o solo. Após ter completado uma volta, essa marcação grifou novamente o solo e foi possível mensurar a distância entre as duas marcas.

Utilizando a Equação 1 é obtido o parâmetro W .

$$W = \frac{1000 \cdot K_{pulsos} \cdot K_{rel.transmissão}}{Distância} \quad (1)$$

Em que K_{pulsos} representa o número de pulsos para cada revolução da árvore de engrenagem na caixa de transmissão. $K_{rel.transmissão}$ identifica a relação de transmissão do eixo traseiro e $Distância$ se refere a circunferência do pneu do veículo.

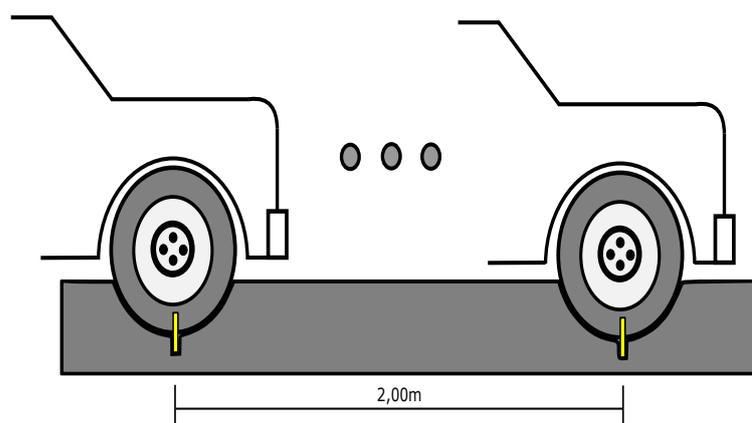


Figura 7: Método de ensaio utilizado para obter a constante W .

Fonte: Adaptado de Fip (2012)

Este método não é muito utilizado, pois (1) depende de duas constantes que geralmente não estão mais acessíveis, K_{pulsos} e $K_{rel.transmissão}$. Essas constantes são originais de fábrica e ficam localizadas na caixa de transmissão do veículo. O difícil acesso a elas e a exposição ao tempo as deteriorando, tornam esse método pouco eficaz.

Após a obtenção da constante W , é determinada a contante K . Essa, representa a média do parâmetro W nos intervalos tabelados, como é ilustrado na Tabela 3. Para configurar o parâmetro K no cronotacógrafo, é acionado as chaves correspondentes aos seus respectivos valores.

Tabela 1: Calibração da Constante K

imp/km(W)	K	Microchaves
3022 - 3026	3024	1-3-5-6-8-10
3027 - 3030	3028	3-5-6-8-10
3031 - 3034	3032	1-2-5-6-8-10
.	.	.
.	.	.
24515- 24804	24659	1-3-5-7

Atualmente, o Inmetro regulamenta a pista de 20 metros para a obtenção da constante W e o método do banco de rolos para a verificação do dispositivo e validação do parâmetro W . Além disso, é possível utilizar a pista de 20 metros para casos específicos. De acordo com a norma NIE-Dimel a utilização da pista de 20 metros é autorizada para os seguintes casos:

- i. A carga no eixo excede treze toneladas;
- ii. O sensor do cronotacógrafo não é acionado pelas rodas motrizes;
- iii. O veículo possui uma configuração especial que não permite o ensaio em banco de rolos;
- iv. O veículo possui duplo eixo traseiro sem bloqueio de diferencial e as rodas motrizes ou escravas não podem ser paradas;
- v. O veículo possui uma configuração de transmissão que não permite o ensaio em banco de rolos sem causar danos à transmissão (p.ex.: veículos com tração nas quatro rodas - 4 x 4); ou
- vi. Nos casos de falha do sistema que emprega bancos de rolos (NIE-DIMEL-100, 2011).

Na pista reduzida, ou pista de 20 metros, o veículo é posicionado numa das extremidades da pista e percorre o trajeto com um equipamento conectado no cronotacógrafo. Esse equipamento recebe a informação emitida pelo sensor e identifica a quantidade de pulsos recebidos na distância percorrida (NIE-DIMEL-100, 2011). A Figura 8 ilustra a pista de ensaio.

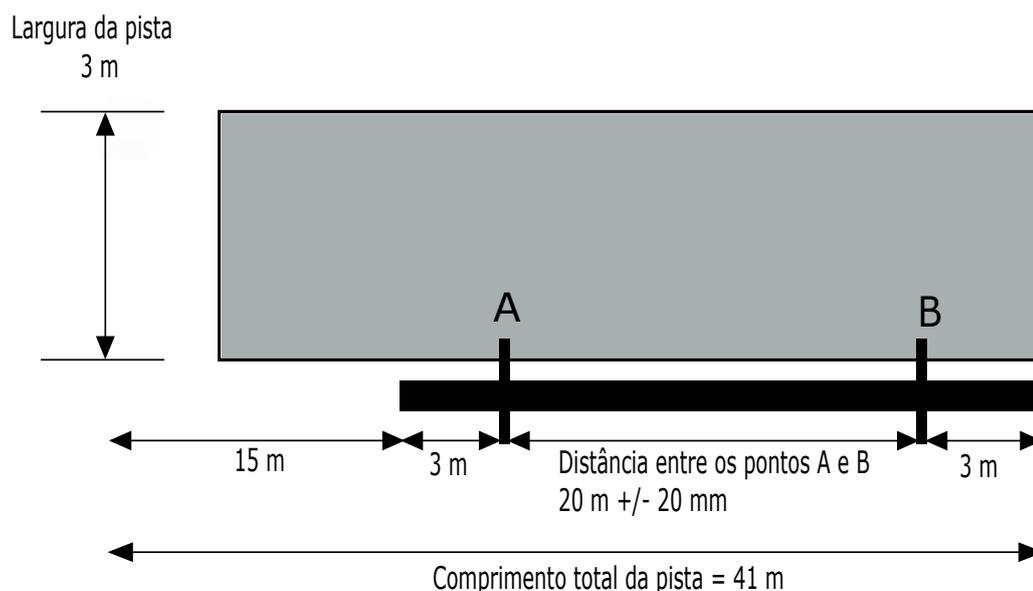


Figura 8: Pista de 20 metros.
Fonte: Adaptado de NIE-DIMEL-100 (2011)

No início do ensaio o veículo é posicionado no ponto “A” e o trajeto é finalizado no ponto “B”. Após o término do ensaio, o coeficiente W é calculado conforme a determinação do Inmetro.

Para a determinação do coeficiente w do veículo, realizar o seguinte cálculo: $w = (n \times 1000) / d$, onde n é o número de rotações ou de pulsos encontrado e d é a distância medida entre as marcações. Por exemplo: para um n igual a 23 pulsos e uma distância de 20,05 m, encontra-se um coeficiente w do veículo igual a 1147 pulsos/km;

Como a pista possui uma dimensão fixa, o parâmetro W pode ser calculado

a partir de:

$$W = \frac{1000 \cdot K_{pulsos}}{20m} \quad (2)$$

O banco de rolos é o procedimento utilizado para verificar o sincronismo do cronotacógrafo com o veículo. Nesse método o veículo é posicionado sobre rolos instalados numa base fixa no chão, como é ilustrado na Figura 9. O procedimento é semelhante ao anterior, porém a distância percorrida pelo veículo, acima do rolo, corresponde a 5km.



Figura 9: Banco de rolos.
Fonte: AcessÓrios (2017)

Atualmente, os dois métodos definidos anteriormente são utilizados pelos autorizados do Inmetro no momento da aferição.

2.3 LEGISLAÇÃO DO CRONOTACÓGRAFO

Para entrar em operação no mercado, o cronotacógrafo necessita da aprovação do órgão que fiscaliza e regulamenta o dispositivo. Atualmente o Inmetro é o órgão responsável pela regulamentação do dispositivo. Assim, todos os modelos a serem comercializados devem passar por testes até serem aprovados, inclusive o cronotacógrafo eletrônico 1318, de interesse neste trabalho.

O Registrador Instantâneo Inalterável de Velocidade Tempo, como é definido pelo Conselho Nacional de Trânsito(CONTRAN), se tornou obrigatório no Brasil

no ano de 1998 de acordo com a resolução 14/98, que estabelece equipamentos obrigatórios para os veículos em circulação. No Código de Trânsito Brasileiro(CTB) a lei prevista é a lei 9503/97.

Art. 105. São equipamentos obrigatórios dos veículos, entre outros a serem estabelecidos pelo CONTRAN:

I -...

II - para os veículos de transporte e de condução escolar, os de transporte de passageiros com mais de dez lugares e os de carga com peso bruto total superior a quatro mil, quinhentos e trinta e seis quilogramas, equipamento registrador instantâneo inalterável de velocidade e tempo (BRASILEIRO, 1997);

O Cronotacógrafo eletrônico 1318 foi aprovado em âmbito nacional no dia 24 de março de 2005 de acordo com a portaria INMETRO/DIMEL/N^a 033, de 24 de março de 2005 (INMETRO, 2005). Como critério para aprovação, o modelo deveria satisfazer as condições definidas na resolução do CONTRAN n^a 92 de 1999 (CONTRAN, 2005). Entre todos os itens mencionados na resolução, pode-se destacar os seguintes:

Art 2^o - Deverá apresentar e disponibilizar a qualquer momento, pelo menos, as seguintes informações das últimas vinte e quatro horas da operação do veículo:

I - velocidade desenvolvida II - distância percorrida pelo veículo; III - tempo de movimentação do veículo e suas interrupções; IV - data e hora de início da operação; V - identificação do veículo; VI - identificação dos condutores; VII - Identificação de abertura do compartimento que contém o disco (CONTRAN, 2005).

Ainda na resolução do CONTRAN n^o 92 de 1999 é estabelecido as tolerâncias máximas dos erros de medição do dispositivo. No momento de aferição em bancada é permitido um erro máximo de 1% no registro da distância percorrida, e no momento de instalação a tolerância sobe para um percentual de 2%. Com o veículo em movimento é tolerado uma margem de erro de 4% (CONTRAN, 2005).

2.4 SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMENTO

O sistema global de posição, geralmente conhecido apenas pela sua sigla GPS, foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano no ano de 1995. Voltado inicialmente para fins militares, o dispositivo se tornou uma ferramenta de segurança nacional americana (MACIEL *et al.*, 2012). O GPS é uma ferramenta de localização baseada num sistema de coordenadas fornecidas por um conjunto de

satélites. O sistema de posição permite que o usuário identifique sua posição por no mínimo quatro satélites, ou seja, qualquer ponto da superfície terrestre estará sempre em alinhamento com no mínimo quatro satélites.(DESENVOLVIMENTO, 2004) O sistema de posicionamento é constituído por três componentes: espacial, controle, e receptor. A Figura 10 ilustra o esquema geral do sistema.

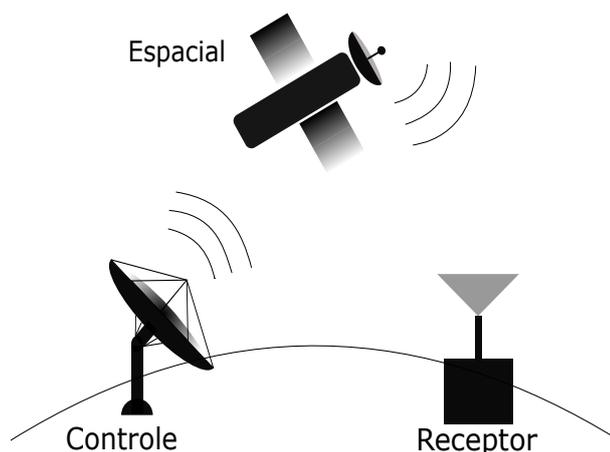


Figura 10: Sistema de Posição Global.
Fonte: Autoria própria, 2016.

2.4.1 SISTEMA ESPACIAL

O sistema espacial é constituído por 24 satélites espalhados em 6 órbitas, localizados numa altitude de aproximadamente de 20.200 km. A constelação de satélites percorre sua órbita a cada 12 horas, num movimento não geostático. A inclinação de 55° dos planos orbitais, em relação a linha do equador, permite a condição de qualquer ponto terrestre ser observável por no mínimo quatro satélites(DESENVOLVIMENTO, 2004). A Figura 11 ilustra a constelação de satélites.

O sistema espacial é o responsável pela geração e transmissão dos sinais GPS, através de códigos e portadoras.(TIMBÓ, 2000)

2.4.2 SEGMENTO DE CONTROLE

O segmento de controle é o encarregado pela funcionalidade do Sistema de Posição Global. Por meio do seguimento de controle as informações enviadas pelos satélites são atualizadas. Entre essas informações estão os dados das órbitas e as horas, que são atualizadas no mínimo três vezes por dia(TIMBÓ, 2000). O segmento de controle é formado por 5 estações terrestres espalhadas ao redor do mundo. Essas



Figura 11: Constelação de Satélites
Fonte: Arizona (2017)

estações são as responsáveis pelo monitoramento dos satélites no seu campo de visão (PAZ *et al.*, 1998). A Figura 12 identifica a localização das estações terrestres.

Por meio dessa disposição das estações cada satélite estará sempre em constante monitoramento (PAZ *et al.*, 1998).

2.4.3 SEGMENTO DO USUÁRIO

O segmento do usuário está relacionado com os dispositivos receptores utilizados pelos próprios usuários. Esses receptores tem a função de captar os sinais oriundos dos satélites em seu campo de visão. Os receptores são constituídos por dispositivos eletrônicos, responsáveis pelos registros e controle das informações, além de antenas e visores, para captar e indicar os dados recebidos, respectivamente (TIMBÓ, 2000).

2.4.4 CÁLCULO DA POSIÇÃO POR COORDENADAS

As informações emitidas pelos satélites são utilizadas para o cálculo das coordenadas. Esses cálculos são baseados num sistema de tempo de alta precisão constituídos de relógios atômicos. As órbitas percorridas pelos satélites permitem calcular a posição em três dimensões a qualquer momento. A utilização de no mínimo quatro satélites para cada medição de posição define um erro muito pequeno de localização. Os dispositivos de recepção recebem as informações da órbita dos satélites e definem com precisão o tempo transcorrido da mensagem enviada pelo

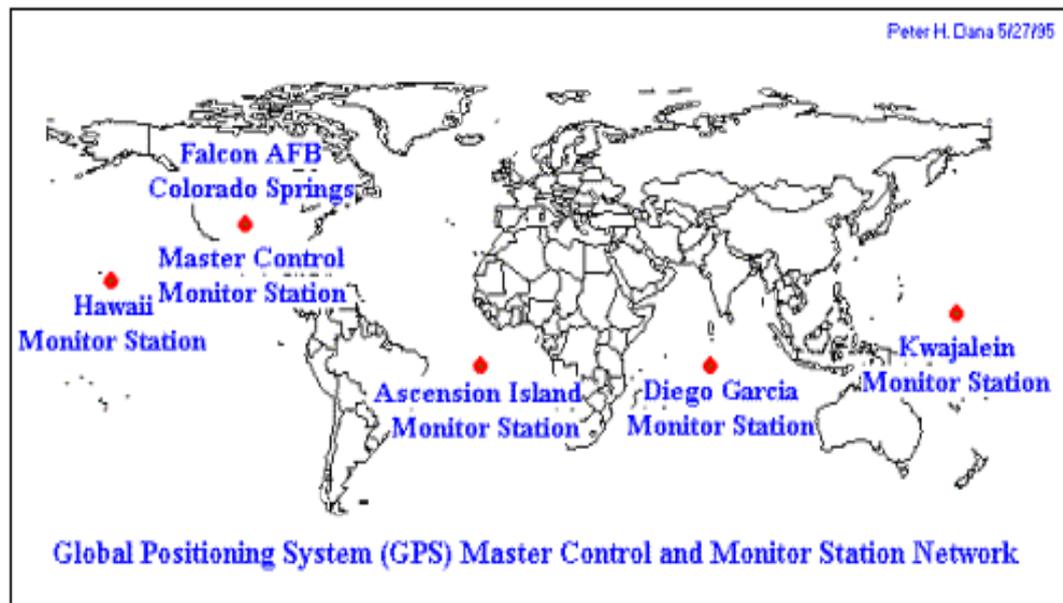


Figura 12: Estações Terrestres
 Fonte: Dana (1995)

emissor até o momento da chegada ao receptor (TIMBÓ, 2000).

Por meio de (3) é possível mensurar a distância entre o dispositivo receptor e o satélite.

$$D = \Delta t \times c \quad (3)$$

Em que, D relaciona a distância entre receptor e o emissor, Δt representa o intervalo de tempo e c é a velocidade da Luz.

Para o cálculo tridimensional da posição, as informações recebidas pelos receptores são convertidas em coordenadas esféricas. A partir dessa conversão é possível determinar as informações de Latitude, Longitude e Altitude do ponto (MACIEL *et al.*, 2012).

A Figura 13 representa as coordenadas de um determinado ponto no plano cartesiano. Em que, o ângulo ψ representa a coordenada de longitude do ponto P e o ângulo ϕ representa a coordenada de latitude do ponto P.

Sendo que:

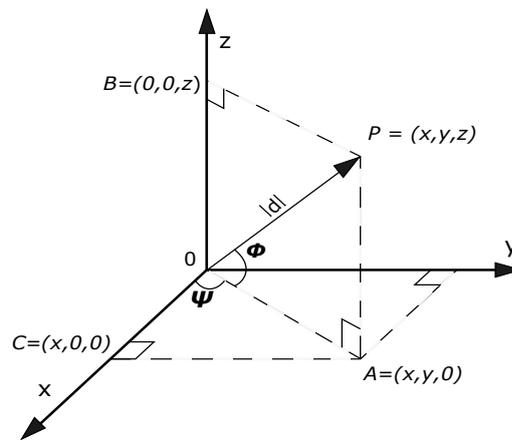


Figura 13: Representação da posição de um ponto P no plano cartesiano.
 Fonte: Adaptado de Chamone (2016)

$$\begin{cases} x = d \cos(\psi) \cos(\phi) \\ y = d \sin(\psi) \cos(\phi) \\ z = d \sin(\phi) \end{cases} \quad (4)$$

Por meio de (4) é determinada as coordenadas no plano cartesiano de determinado ponto.

2.4.5 CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE DOIS PONTOS

Geralmente o cálculo de distância entre dois pontos na superfície da terra é definido por meio da analogia do globo terrestre com sendo uma esfera. Para diminuir o erro ocasionado por essa comparação, é utilizada a fórmula de Haversine (RATASAMEETHAMMAWONG; KASEMSAN, 2010). A fórmula de Haversine é muito empregada na navegação e minimiza o erro gerado pelas deformidades existentes nos polos da terra; uma vez que, aborda o globo terrestre com características de uma elipsoide (MARUJO *et al.*, 2015). A Equação de haversine é bastante complexa, como pode ser observada.

$$= 2 \cdot R \cdot \arctan \left(\sqrt{\frac{\sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \cos(lat_2) \sin^2\left(\frac{\Delta Long}{2}\right)}{(1 - \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \cos(lat_2) \sin^2\left(\frac{\Delta Long}{2}\right))}} \right) \quad (5)$$

Em que, d representa a distância entre dois pontos, R o raio da terra, lat_1

a coordenada de latitude do primeiro ponto, lat_2 a coordenada de latitude do segundo ponto, Δlat representa a diferença de latitude entre os pontos e $\Delta long$ a diferença de longitude entre os pontos.

Outra topologia existente para o cálculo da distância entre dois pontos, utilizando duas coordenadas, é por meio da relação da terra como sendo uma esfera. (6) ilustra o método para cálculo;

$$D = r \cdot \text{acos}((\sin(A) \cdot \sin(B) \cdot \cos(\Delta L)) + (\cos(A) \cdot \cos(B))) \quad (6)$$

Em que, D representa a distância entre dois pontos, r o raio da terra, A a coordenada de latitude do primeiro ponto, B a coordenada de latitude do segundo ponto e L a diferença de longitude entre os pontos.

Devido à distância mensurada entre dois pontos nesse trabalho ser insignificante, ao ser comparada com a circunferência da Terra, optou-se pelo segundo método.

2.5 DISPOSITIVO RECEPTOR DE GPS NEO-6MV2

O módulo de GPS NEO-6MV2 é uma plataforma de receptores GPS de alta performance da empresa u-blox. Desenvolvido em uma arquitetura compacta o dispositivo é capaz de operar com um baixo consumo de energia. Acoplado em um kit *launchpad* o receptor se torna portátil e de fácil manuseio (BLOX, 2012). Diferentemente da maioria dos receptores convencionais de GPS, o Módulo NEO-6MV2 não possui um display para à indicação das informações recebidas. A associação do dispositivo com um microcontrolador e uma tela de visor, é necessária para a visualização das informações recebidas.

O módulo é constituído pelo seu *launchpad* e por uma antena que é conectada ao circuito através de um chicote elétrico. O receptor recebe as informações e por meio de seu processador a informação é decodificada e enviada para os pinos de transmissão (BLOX, 2012). O dispositivo utiliza a comunicação UART como protocolo de comunicação. De acordo com o *datasheet* do receptor, o dispositivo possui as seguintes características:

- Taxa de atualização de 5Hz ;
- Precisão horizontal de 2.5m;

- Velocidade máxima 500 m/s;
- Altitude máxima 50.000 m;

A Figura 14 ilustra o módulo NEO-6MV2.



Figura 14: Receptor GPS NEO-6MV2
Fonte:blox (2012)

As informações enviadas pelo receptor, de forma serial, utilizam as sentenças do protocolo NMEA como forma de transmissão das informações(BLOX, 2012).

2.5.1 PROTOCOLO NMEA

O protocolo NMEA (*National Marine Electronics Association*) é um padrão de comunicação mundialmente difundido entre a maioria dos receptores. Por meio de uma linguagem padronizada formada por sentenças, o receptor decodifica a informação e a transforma em uma mensagem válida. O protocolo de comunicação é baseado na configuração ASCII e geralmente é transmitido de forma serial. A simplicidade do Protocolo NMEA é o diferencial do sistema.

2.5.1.1 CARACTERÍSTICAS DAS SENTENÇAS NMEA

O protocolo NMEA é caracterizado por dezenas de sentenças que carregam diversas informações, entre elas, latitude, longitude, hora, altitude entre outras. A necessidade do usuário ou o modelo do dispositivo receptor é quem define qual sentença será utilizada e decodificada (TECHNOLOGY, 2005). Como o sistema NMEA de comunicação é padronizado existem regras que definem as características das sentenças.

- Iniciam com "\$";

- Informações diferentes separadas por vírgulas;
- Indicador para confirmação de dados(checksum);
- Prefixo GP para dispositivos GPS;

A sentença abaixo ilustra o modelo padrão da sentença GPGGA.

\$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,0000*18\$ (7)

Na Tabela 2 é possível identificar as informações contidas numa sentença do protocolo NMEA.

Tabela 2: Significado da sentença GPGGA do protocolo NMEA.

Nome	Exemplo	Unidades	Descrição
Mensagem ID	\$GPGGA		GGA Cabeçalho
UTC Tempo	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N= Norte e S= Sul
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=Leste ou W= Oeste
Indicador Fixo Posição	1		Ver tabela 1-4
Satélites Usados	07		Alcance 7 até 12
HDOP	1.0		Diluição de Precisão Horizontal
MSL Altitude	9.0	Metros	
Unidades	M	Metros	
Separação Geoid		Metros	
Unidades	M	Metros	
Não Usado.		segundos	Não Usado
Não Usado	0000		
Checagem	*18		
<CR> <LF>			Fim da Mensagem

Fonte: Adaptado NMEA Reference Manual, 2016.

O último carácter das sentenças do protocolo NMEA é caracterizado por um asterisco juntamente com um valor de controle, Por meio desse último campo de mensagem é possível verificar a veracidade da sentença obtida, o chamado *Checksum* (TECHNOLOGY, 2005).

2.6 MICROCONTROLADOR STELLARIS LM4F120H5QR

O microcontrolador Stellaris LM4F120H5QR é uma plataforma da Texas Instruments que utiliza processadores ARM Cortex M4F. O microcontrolador opera numa frequência de até 80 MHz, com suporte a ponto flutuante, possui uma capacidade de memória flash e RAM de 256K e 32K respectivamente, além de possuir um processador de 32 bits, o que o torna uma plataforma de alto desempenho e de baixo custo. A interface de comunicação do dispositivo é constituída de 5 módulos (INSTRUMENTS, 2012):

- Oito canais de Transmissão/Recepção Assíncrona Universal (UART);
- Quatro módulos de Interface Serial Síncrona (ISS);
- Comunicação Serial Universal (USB);
- Comunicação (I2C);
- Rede de Área de Controle (CAN);

Para sincronismo do dispositivo do GPS com o microcontrolador foi utilizado apenas um canal de comunicação. Devido ao dispositivo de GPS escolhido utilizar a comunicação UART para enviar seus dados, foi estabelecido como padrão de comunicação no projeto, a comunicação UART.

O microcontrolador ainda conta com um suporte analógico de (INSTRUMENTS, 2012)

- Dezesesseis Comparadores Digitais;
- Dois canais de Conversores Analógico Digital (ADC) com 12 bit cada;
- plataforma de 64 pinos.

A Figura 15 ilustra o Kit do microcontrolador utilizado nesse trabalho.

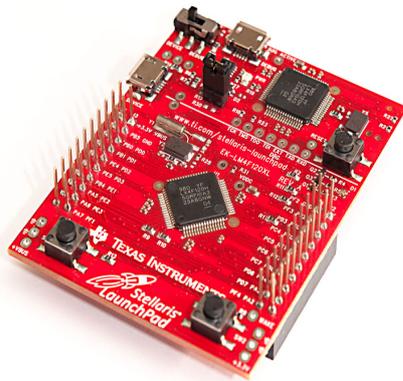


Figura 15: Kit microcontrolador Stellaris.
Fonte: Instruments (2012)

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho foi dividido em três etapas. A primeira etapa constituiu-se na obtenção dos dados referente ao processo de aferição do dispositivo de registro instantâneo de velocidade, o cronotacógrafo eletrônico EC 1318, além do conhecimento sobre o princípio de funcionamento do dispositivo. As informações foram obtidas em sua grande maioria a campo. Após realizar uma visita num posto de selagem autorizado pelo Inmetro, identificado como RTC Peças e Acessórios, localizado na cidade de Chapecó em Santa Catarina, foi possível verificar o processo de aferição do dispositivo de interesse do trabalho. Além de contar com o apoio de um técnico da área, na Mecânica Cargoeste, localizada em São Lourenço do oeste, onde foi possível montar a revisão teórica e aprofundar os conhecimentos a respeito do equipamento.

A segunda etapa constituiu-se no estudo do sensor indutivo, seu princípio de funcionamento e no desenvolvimento do circuito para o tratamento do sinal emitido pelo dispositivo. A terceira etapa se resumiu no estudo do módulo de GPS NEO6MV2, no microcontrolador Stellaris e na incorporação do sistema.



(a) Autorizado Inmetro, RTC Peças e Serviços.

(b) Mecânica Cargoeste.

Figura 16: Empresas parceiras.

Fonte: Autoria própria, 2017

3.1 PROCESSO DE AFERIÇÃO DO CRONOTACÓGRAFO EC 1318

Os equipamentos de registro de informações de viagens necessitam ser aferidos e ajustados de maneira a se acoplar no veículo corretamente. Como medida de segurança todos os modelos de cronotacógrafos são aferidos em locais autorizados pelo Inmetro. Assim como outros modelos, o modelo EC 1318 passa por um rigoroso processo de verificação e controle. Com o intuito de analisar as condições de operação do dispositivo. O posto de selagem escolhido para esse presente trabalho foi a empresa RTC Peças e Acessórios, localizada na cidade de Chapecó, Santa Catarina.

3.1.1 TESTE E SELAGEM DO EQUIPAMENTO

O procedimento de aferição do dispositivo é definido por uma ordem estabelecida pelo técnico responsável pela aferição. Primeiramente o cronotacógrafo é retirado do veículo e é posicionado para um teste de bancada. Nessa bancada é verificado o estados das agulhas que grifam o disco diagrama e a máquina da hora, que é a responsável pelo movimento de giro sincronizado com o tempo. Em seguida, após verificação e/ou reparos necessários no equipamento, o dispositivo é submetido ao teste do parâmetro W . Nesse teste é verificado a constante k do cronotacógrafo. A Figura 17 ilustra os equipamentos utilizado para o devido teste.



(a) Teste de bancada.

(b) Teste de 20 metros.

Figura 17: Equipamentos utilizados para aferir a constante K .

Fonte: Autoria própria, 2017

Após ser definida uma distância fixa, o veículo percorre esse trajeto, e com um instrumento de medição acoplado ao cronotacógrafo, o responsável pelo ensaio obtém a constante W .

Para verificação dos reparos realizados previamente, o veículo é posicio-

nado sobre os rolos instalados no chão. As etapas de teste são determinadas pela norma NIE-DIMEL 100, e são discriminadas a seguir.

- (i) Posicionar o veículo sobre os rolos;
- (ii) Registrar no simulador de ensaio o valor inicial do hodômetro;
- (iii) Identificar o início do ensaio;
- (iv) Manter a velocidade do veículo em 30 km/h por dois minutos;
- (v) Acelerar até que a velocidade seja de 50 km/h e manter ;
- (vi) Ao se aproximar da marcação de 5 km no hodômetro, reduzir a velocidade;
- (vii) Quando marcar 5 Km finalizar o ensaio;
- (viii) Identificar no simulador e no disco diagrama a distância percorrida e indicada no hodômetro;
- (ix) Retirar o veículo;

A Figura 18 demonstra o teste realizado.



(a) Banco de rolos.

(b) Posicionamento do veículo.

Figura 18: Ensaio do banco de rolos.

Fonte: Autoria própria, 2017

Finalizado o ensaio, o disco diagrama é retirado do cronotacógrafo e é encaminhado para uma análise específica, onde é verificado se os registros grifados no disco diagrama estão dentro dos padrões estabelecidos pelo Inmetro. No momento da aferição, após realizados todos os teste, o cliente recebe um certificado de validação do dispositivo. Essa autorização tem validade provisória, que é o tempo necessário para ser realizada a análise no disco diagrama. Se os dados registrados estiverem dentro dos padrões estabelecidos, um novo certificado é gerado, e o dispositivo terá

um registro de validação de dois anos. Esse certificado deve ser de porte do motorista do veículo, e sempre que lhe for solicitado o mesmo deve ser apresentado para a autoridade requerente.

Como garantia de inviolabilidade do processo de aferição, tanto o cronotacógrafo quanto o veículo são lacrados com selos e presilhas. Se houver o rompimento desses lacres, automaticamente o certificado de aferição perderá sua validade e um novo processo de selagem deverá ser realizado. A Figura 19 ilustra os lacres emitidos pelo responsável técnico.



(a) Lacre 01

(b) lacre 02.

Figura 19: Lacres emitidos pelo inmetro no cronotacografo.

Fonte: Aatoria própria, 2017

Os lacres são instalados no dispositivo cronotacógrafo e no envolto do sensor indutivo, instalado na saída da caixa de transmissão do veículo. A adulteração do cronotacógrafo ou retirada dos lacres é crime de acordo com o artigo 230 do Código de Trânsito Brasileiro portanto, a manipulação e alteração dos parâmetros estabelecidos pelos autorizados Inmetro, é uma infração prevista em lei. Ciente dessas condições o veículo é liberado e está em conformidade com o órgão regulamentador.

3.2 ELABORAÇÃO DO EQUIPAMENTO PARA INDICAÇÃO DA CONSTANTE K

Após realizado o estudo do sistema de aferição do cronotacógrafo, o desenvolvimento do presente trabalho, se dirigiu para a elaboração do equipamento de obtenção da constante K . O projeto inicia-se no estudo do sensor indutivo e no circuito para aquisição do sinal. Em seguida o estudo é voltado para a implementação do código e da tabela W no microcontrolador, além do acoplamento do dispositivo de GPS com o sistema.

3.2.1 SENSOR INDUTIVO DO VEÍCULO

O sensor instalado na caixa de transmissão do veículo, é um sensor do tipo indutivo alimentado por corrente contínua e possui quatro terminais, dois para alimentação e dois para a saída dos sinais. O sensor é alimentado por uma tensão de 8 Volts. Essa alimentação é fornecida pela placa de processamento do cronotacógrafo, através de um regulador de tensão Lm 7808. A Figura 20 ilustra a posição do sensor utilizado pelo veículo.



Figura 20: Localização do sensor no veículo.
Fonte: A autoria própria, 2016.

Por questão de segurança o veículo utiliza as duas saídas complementares do sinal, ou seja, mesmo que uma linha de transmissão seja interrompida, o sistema deverá continuar operando normalmente (SCANIA, 2001). Como o sensor funciona com a proximidade de objetos o dispositivo é posicionado de maneira a identificar a rotação do eixo cardan do veículo. Fixado a uma distância de aproximadamente 1.5 mm, a variação do campo magnético é gerada pelas cavidades existentes ao redor do eixo girante. O sinal gerado pelo movimento de giro é enviado para o dispositivo processador de sinal, localizado no interior do cronotacógrafo. Essa informação é enviada através de uma conexão elétrica feita por um cabo condutor. O sinal gerado possui uma característica de onda quadrada, e é modulado pela variação de frequência, ou seja, a velocidade de giro do eixo define a frequência de saída do sinal que pode variar de 1 até 500Hz aproximadamente.

Para se obter o sinal emitido pelo sensor foi necessário retirar o eixo cardan do veículo, possibilitando assim, simular o veículo em movimento. A Figura 21 ilustra o procedimento.



Figura 21: Ensaio para obter sinal do sensor do veículo.

Fonte: Autoria própria, 2017

Através de uma conexão P2 no cronotacógrafo, foi possível conectar um osciloscópio para a aquisição do sinal emitido pelo sensor; a Figura 21(a) e a Figura 21(b) identificam o procedimento de retirada do eixo cardan do veículo. A Figura 21(c) identifica a conexão do osciloscópio no equipamento. A retirada do eixo cardan, possibilitou testar o funcionamento do sensor indutivo.

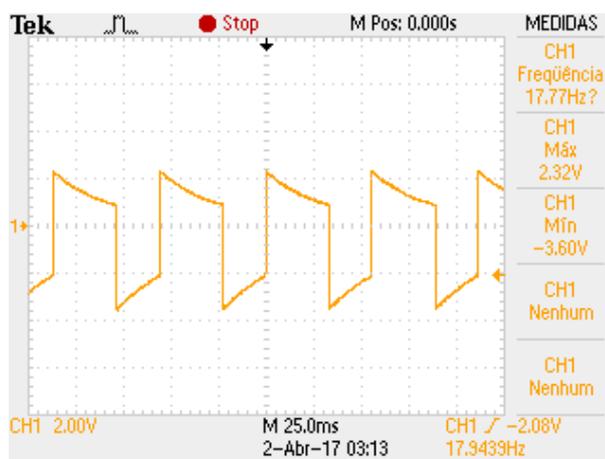


Figura 22: Sinal sensor indutivo.

Fonte: Autoria própria, 2017

A partir do gráfico ilustrado na Figura 22 foi desenvolvido o circuito para adequar o sinal à entrada digital do microcontrolador.

3.2.2 CIRCUITO PARA AQUISIÇÃO DO SINAL

Devido às características do sinal emitido pelo sensor, desenvolveu-se um circuito para realizar a atenuação do sinal. Por meio da conexão auxiliar P2 existente no cronotacógrafo, o sinal emitido pelo sensor foi conectado ao circuito de aquisição. Posteriormente o sinal adequado foi interligado à entrada digital do microcontrolador.

O circuito para adequação do sinal foi projetado tendo em vista a tensão máxima permitida no canal de entrada do microcontrolador, limite esse de 3,3 Volts. Utilizou-se a topologia do circuito comparador de tensão e do circuito seguidor de tensão, comumente chamado de circuito *buffer*, de modo a estabelecer um *setpoint* de tensão e atenuação do sinal para o microcontrolador, respectivamente. A Figura 23 ilustra a topologia utilizada.

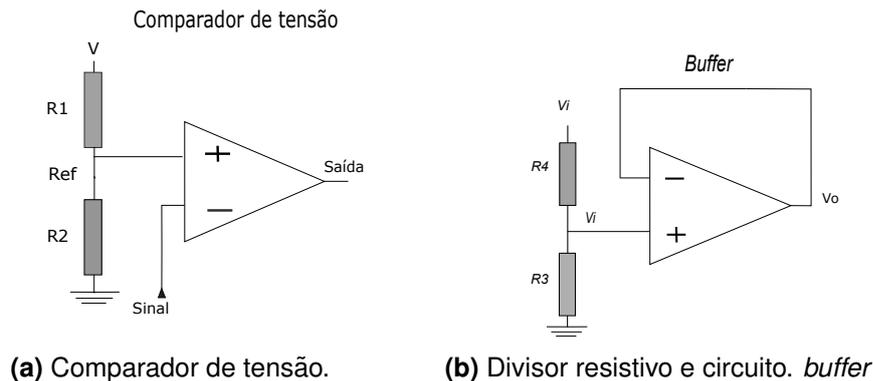


Figura 23: Topologias para adequação do sinal.
Fonte: Boylestad e Nashelsky (2004)

A determinação dos parâmetros dos componentes $R1$ e $R2$ do circuito comparador foi definida pela condição estabelecida observando a forma de onda emitida pelo sensor. Considerou-se uma tensão de 1V, aproximadamente metade da tensão máxima do sinal, como tensão de referência na entrada não inversora do comparador de tensão. Baseada nessa condição, os valores dos resistores foram determinados a partir de (10). A tensão de saída do circuito comparador limitou-se na saturação de alimentação (12V) do componente integrado LM 324. Considerando a alta impedância de entrada do circuito foi possível dimensionar os resistores através de (8) no ramo divisor de tensão.

$$\frac{V}{R1 + R2} = \frac{Vref}{R2} \quad (8)$$

Isolando $R1$ e realizando uma simplificação em (8) é obtido (9)

$$R1 = \frac{R2 \cdot (V - Vref)}{Vref} \quad (9)$$

A tensão V é a alimentação do circuito através da bateria de 12V do veículo. A tensão V_{ref} foi definida anteriormente em 1V. Após definir essas incógnitas (8) se resumiu em (10).

$$R1 = 11 \cdot R2 \quad (10)$$

Por questões de projeto foi definido o valor comercial de $R2$ de $2k\Omega$, consequentemente o valor de $R1$ igual $22k\Omega$.

A função de transferência do circuito seguidor de tensão possui ganho unitário e é definida pela razão entre a saída e a entrada do sistema.

$$\frac{V_o}{V_i} = 1 \quad (11)$$

Em que, V_i representa o sinal de saída do divisor de tensão e V_o o sinal de saída do circuito *buffer* 3V;

Para determinar os valores dos resistores $R3$ e $R4$, foi considerado a tensão de saída do divisor resistivo de 3,0V. Devido a alta impedância do circuito *buffer*, às seguintes condições podem ser estabelecidas:

$$\frac{12 - V_i}{R4} = \frac{V_i}{R3} \quad (12)$$

Considerando V_i como à tensão admissível na entrada do microcontrolador(3V), e realizando as simplificações possíveis, é obtido (13).

$$R4 = 3 \cdot R3 \quad (13)$$

Por questões de projeto foi definido $R4$ como $300k\Omega$ e consequentemente $R3$ de $100k\Omega$.

A composição do circuito comparador juntamente com o seguidor de tensão configurou-se no sistema de adequação do sinal emitido pelo sensor. A Figura 24

ilustra o conjunto esquematizado.

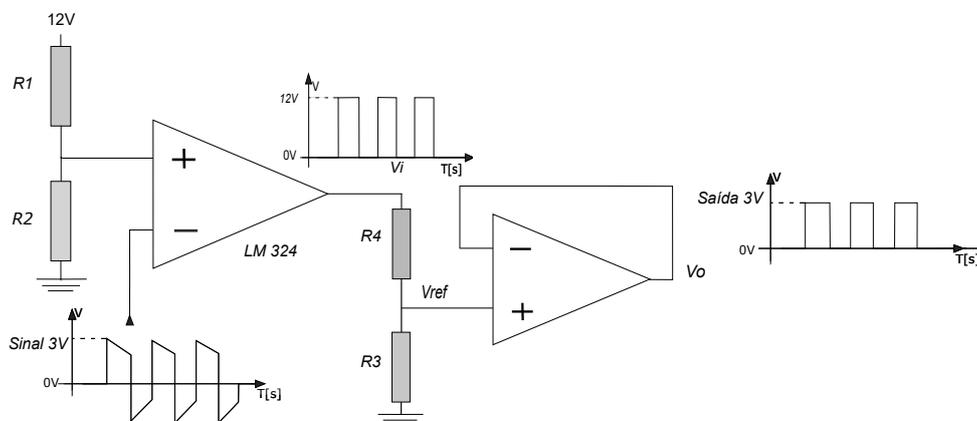


Figura 24: Circuito para atenuação do sinal
Fonte: Autoria própria, 2017

Em seguida, utilizando um *software* gratuito para desenvolvimento de placas de circuito impresso, foi desenhado o *layout* do sistema e confeccionado a placa de circuito impresso. Posteriormente foi possível verificar a funcionalidade do sistema no veículo.

Utilizando um osciloscópio, conectou-se a ponteira do canal 1 na entrada do circuito e a ponteira do canal 2 na saída do circuito para aquisição do sinal. A Figura 25 ilustra as formas de ondas obtidas no ensaio do sistema.

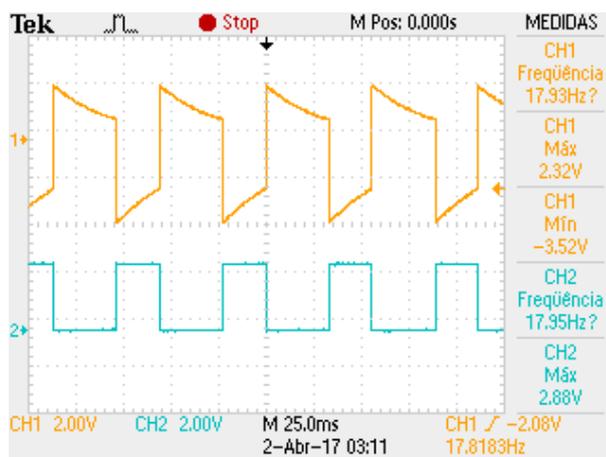


Figura 25: Circuito para atenuação do sinal.
Fonte: Autoria própria, 2017

Em amarelo é possível verificar o sinal emitido pelo sensor indutivo instalado na caixa de transmissão do veículo, e em azul é possível verificar o sinal de saída após passar pelo circuito de aquisição do sinal. Por meio deste, foi possível conectar

o sinal na porta de entrada do microcontrolador.

3.2.3 IMPLEMENTAÇÃO DA TABELA DE CONVERSÃO W

Como visto na literatura, o cronotacógrafo eletrônico EC 1318 utiliza micro chaves para realizar a calibração da constante K , baseado na quantidade de pulsos enviados pelo sensor na distância de 1000 metros(constante W). A tabela fornecida pelo fabricante possui uma faixa de ajuste de 2500 até 25000, ou seja, esse método de calibração só é possível com constantes W nessa faixa de valores. Para facilitar a leitura, a Tabela 3 é re-apresentada a seguir.

Tabela 3: Calibração da Constante K

imp/km(W)	K	Microchaves
3022 - 3026	3024	1-3-5-6-8-10
3027 - 3030	3028	3-5-6-8-10
3031 - 3034	3032	1-2-5-6-8-10
.	.	.
.	.	.
24515- 24804	24659	1-3-5-7

Uma estrutura de condições baseadas na topologia *if* e *else* foi implementada para identificar a quantidade de pulsos enviados pelo sensor e comparar com a faixa de valores tabelados, de acordo com os padrões estabelecidos.

Após a implementação das condições, foi possível associar a constante K com as respectivas chaves a serem atualizadas, conforme Tabela 3. Para a indicação das mudanças utilizou-se um *display* 16x2. Através do microcontrolador as informações foram configuradas para serem expressas pela tela indicadora. Nessas informações é destacado a constante K e a combinação das chaves atualizadas. A Figura 26 ilustra o *display* utilizado.

3.2.4 ACOPLAMENTO DO DISPOSITIVO GPS E MICROCONTROLADOR

A conexão entre o dispositivo de GPS e o microcontrolador foi efetuada através da comunicação serial UART. A partir de um algoritmo, os dados recebidos pelo GPS foram decodificados pelo microcontrolador e convertidos em informações utilizadas para o cálculo da distância percorrida. Os primeiros ensaios realizados foram para determinar a precisão do dispositivo e a sua estabilidade de sinal. A



Figura 26: Display LCD 16x2.
Fonte: silício (2017)

utilização de um *software* gratuito fornecido pela fabricante do GPS permitiu a aquisição das coordenadas que foram utilizadas para a demarcação do trajeto percorrido.

O trajeto escolhido para determinar a funcionalidade do GPS foi a pista de atletismo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Portando o dispositivo de GPS e um *notebook* determinou-se o perímetro percorrido. Todo o percurso foi percorrido a pé, utilizando apenas a raia de maior diâmetro. Através do *software* gratuito *Google Earth* foi possível identificar o trajeto trilhado. A Figura 27 ilustra o trecho.

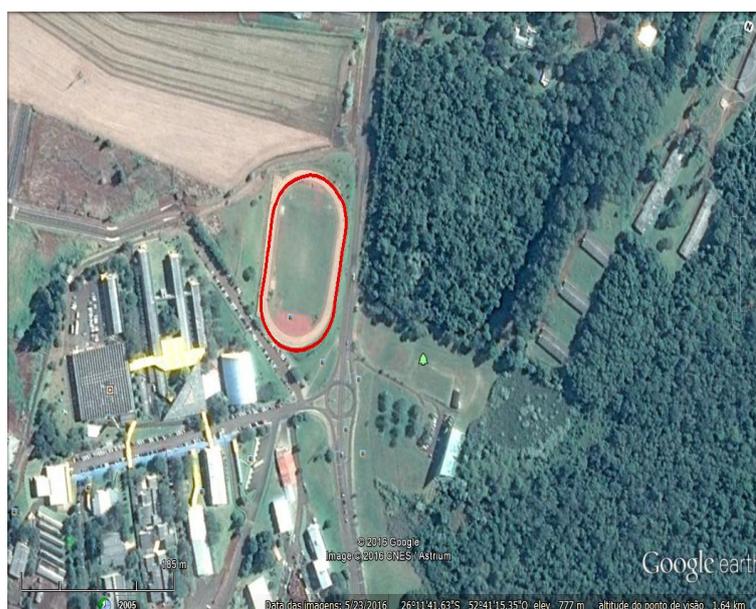


Figura 27: Pista de atletismo UTFPR
Fonte: Autoria própria, 2016

Como visto na literatura, o protocolo de comunicação utilizado pelo dispositivo de GPS NEO-6MV2 é o protocolo NMEA. A partir das características das

sentenças emitidas pelo equipamento foi desenvolvida a programação para decodificar as informações desejadas. Para a determinação da distância entre pontos numa região plana, são necessárias duas informações; Latitude e Longitude. A partir dessas condições foi elaborado o sistema de seleção e decodificação das informações.

3.2.5 CÁLCULO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA

A estrutura principal do código de programação é baseada na seleção da Latitude e Longitude dos pontos percorridos. Após a identificação desses dados, foi necessário converter sua característica original ASCII para decimal, afim de poder trabalhar equacionalmente com os dados obtidos. As primeiras linhas de códigos separaram as informações obtidas da sentença NMEA ilustrado na Figura 28.

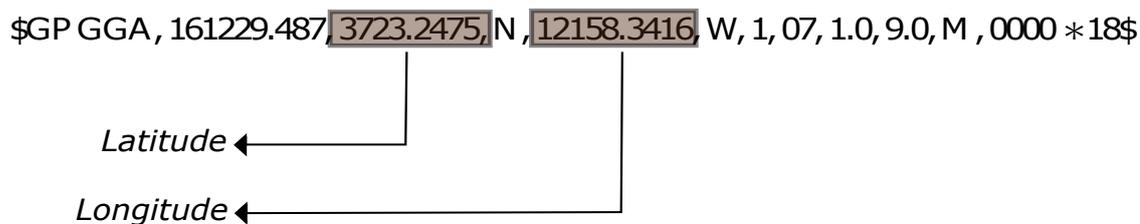


Figura 28: Decodificação sentença NMEA.

Fonte: Autoria própria, 2016

Em seguida, após armazenar as duas variáveis foi necessário uma manipulação matemática para converter o valores de decimal em radianos, para ser possível utilizar (14) para a determinação da distância percorrida.

$$Distância = R \cdot \text{acos}((\sin(A) \cdot \sin(B) \cdot \cos(\Delta L)) + (\cos(A) \cdot \cos(B))) \quad (14)$$

Em que *Distância* representa a distância entre dois pontos em metros. *R* o raio da terra em metros, *A* a latitude do ponto A. A Latitude do ponto B é representada por *B*, e ΔL relacionada a diferença de longitude entre A e B.

A taxa de atualização das informações recebidas é definida pela empresa desenvolvedora do dispositivo de GPS, em específico nesse caso, a taxa de atualização é configurada em 1 Hz, isto é, o sistema recebe as informações de latitude e longitude em intervalos de 1 segundo. Para o cálculo da distância total percorrida, uma lógica de somatório foi necessária para estipular o trajeto total. A programação desenvolvida calcula a distância obtida entre as duas coordenadas registradas no intervalo de 1

segundo. A Figura 29 ilustra o procedimento.

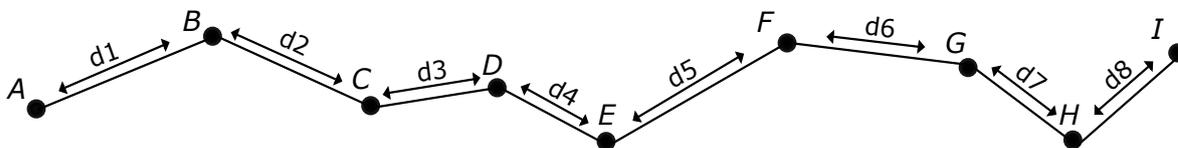


Figura 29: Exemplo de distância.
Fonte: Autoria própria, 2016

A distância d_1 é calculada por (14), como visto anteriormente, no intervalo de atualização do dispositivo, a partir da diferença de latitude e longitude registrada entre o ponto A e o ponto B. Essa informação é registrada e contabilizada no somatório. Em seguida a distância d_2 é calculada no mesmo procedimento, e assim acontece sucessivamente até chegar na distância d_8 . Após o término é possível mensurar o trajeto total percorrido através do somatório desenvolvido.

$$\sum_{i=1}^n d_i \quad (15)$$

A estrutura lógica do código desenvolvido para realizar o somatório da distância total percorrida, pode ser equiparado com (15). Após implementação do código para identificar a distância percorrida, o trabalho transcorreu de maneira a implementar fisicamente a associação das etapas definidas anteriormente.

3.3 EQUIPAMENTO DESENVOLVIDO

Como visto na revisão bibliográfica, atualmente a pista de 20 metros é o método utilizado para obter-se a constante W e conseqüentemente a constante K do cronotacógrafo. A utilização de um sistema de indicação da calibração das microchaves acoplado ao um GPS foi desenvolvida nesse presente trabalho com o intuito de proporcionar um novo meio de aferição.

Definida as etapas anteriores do projeto, desenvolveu-se um equipamento para associar o sinal emitido pelo sensor com a distância percorrida pelo veículo. Esse sistema constituiu-se da associação do circuito de tratamento do sinal emitido pelo sensor, do dispositivo de GPS, do microcontrolador, e do display indicador. Para a confecção da placa de circuito impresso, foi utilizado um *software* CAD de licença gratuita.

O *kit* foi montado num *box* fornecido pela empresa visitada para a realização dos ensaios. A utilização da sucata de um equipamento, já obsoleto, devido à antiguidade do dispositivo, compactou o circuito projetado e lhe deu forma final. O equipamento conta com a associação do *display*, do microcontrolador e do dispositivo de GPS, visto anteriormente. Além de conter duas conexões necessárias para o funcionamento do equipamento. Na Figura 30(e) é identificado a conexão P2, utilizada para intermediar o sinal emitido pelo sensor até o circuito de adequação do sinal. Na Figura 30(f) é identificada a conexão de alimentação do equipamento.

(a) *Kit* montado sobre PCI.

(b) Encapsulamento do equipamento.



(c) Conexão do sistema.

(d) Visão externa.



(e) Conexão P2 para sensor.

(f) Conexão para alimentação.

Figura 30: Equipamento desenvolvido para testes.

Fonte: Autoria própria, 2017

O circuito de alimentação do dispositivo foi baseado nas aplicações típicas

do regulador de tensão LM7805. A partir das informações ilustradas no *datasheet* do fabricante, foi utilizada a topologia ilustrada na Figura 31. A definição do parâmetro dos capacitores C1 e C2 foi determinado pelo modelo de exemplo do *datasheet* do dispositivo, visto que, o *ripple* do circuito original é praticamente zero. A tensão de entrada do regulador é definida pela tensão da bateria do veículo, nesse caso em específico, 12V.

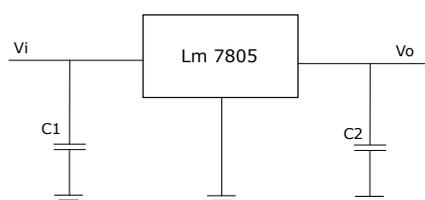


Figura 31: Regulador de tensão LM7805.

Fonte: *Datasheet* Lm 7805, 2016.

3.3.1 ENSAIO DA CONSTANTE W

Para realizar o ensaio da constante W foi necessário dirigir-se até a mecânica Cargoeste, localizada em São Lourenço do Oeste, devido à experiência da empresa no ramo de manutenção de cronotacógrafos. No local um veículo foi colocado a disposição para iniciar os testes do equipamento. O veículo utilizado para o ensaio, apresentava o cronotacógrafo devidamente aferido e obtinha o certificado de autorização do Inmetro.

 MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA			
CERTIFICADO DE VERIFICAÇÃO: 002502153		Executor	610
Instrumento		Modelo	1318
CRONOTACÓGRAFO	Marca	VDO	Número do Inmetro
Dados Complementares		Código Serviço	237
Veículo: FORD Ano: 2004 Pneu: 215/75 Aro: 17.5		Valor	149,00
Marcas de Selagem: J12813230 D44482233 D44482287 D44482337 D44482380		Número do Documento de Arrecadação	
Constante K: 14987		99900000029453628	
Este certificado é válido até a data informada somente se mantidas as características aqui informadas.		CNPJ ou CPF	
		Válido até 13/11/2016	
Nome/Razão Social		RENAVAM: PLACA: MCZ1267	
Endereço			
Bairro	CEP		
Município	U.F.	Telefone	

Figura 32: Certificado de aferição.

Fonte: Autoria própria, 2016

A primeira etapa do teste constituiu-se na elaboração do ensaio da pista de 20 metros, com o intuito de verificar a constante obtida e declarada na autorização emitida pelo Inmetro. Para Utilizando uma trena métrica definiu-se uma pista de 20 metros. Essa distância foi demarcada por cones, como é ilustrada na Figura 33(b) . Em seguida posicionou-se o veículo alinhado com a primeira marcação e foi acoplado ao cronotacógrafo um equipamento, certificado pelo Inmetro, para a obtenção da constante W do veículo. Como aquele mostrado na Figura 17(a).



(a) Ponto inicial.



(b) Pista de 20 metros.



(c) Conexão do equipamento.



(d) Equipamento em operação.

Figura 33: Pista de ensaio reduzida de 20 metros.
Fonte: Autoria própria, 2017.

Após percorrer os 20 metros e através de (2) incorporada internamente no equipamento, foi obtido a constante desejada. Em seguida, o veículo foi posicionado novamente no seu posto inicial e foi repetido o ensaio, porém desta vez, utilizando o equipamento desenvolvido, com a finalidade de comparar os dois sistemas de aquisição de pulsos para a pista de 20 metros.

A segunda etapa do ensaio constituiu-se exclusivamente no teste do equipamento desenvolvido. Para a obtenção da constante W nessa etapa, utilizou-se uma pista de 150 metros, configurada pelo GPS. O equipamento foi conectado no cronotacógrafo como é ilustrado na Figura 33(c). A definição da pista de 150 metros foi

determinada pela distância plana da pista na região dos testes.

O equipamento desenvolvido possui a configuração pré determinada de 3 tamanhos de pista que são elas; 200, 300 e 500 metros. Para o primeiro ensaio optou-se em levantar a constante W na distância de 200 metros; programada no microcontrolador. Após percorrer o trajeto com o equipamento conectado no cronotacógrafo, o sistema desenvolvido identifica automaticamente a quantidade de pulsos enviados na distância configurada. Utilizando (2) e a Tabela 3, implementada no microcontrolador, foi possível obter a constante W e por meio de um display verificar as chaves a serem calibradas no final do percurso. A Figura 34 ilustra a sequência de informações indicadas pelo *Display*.

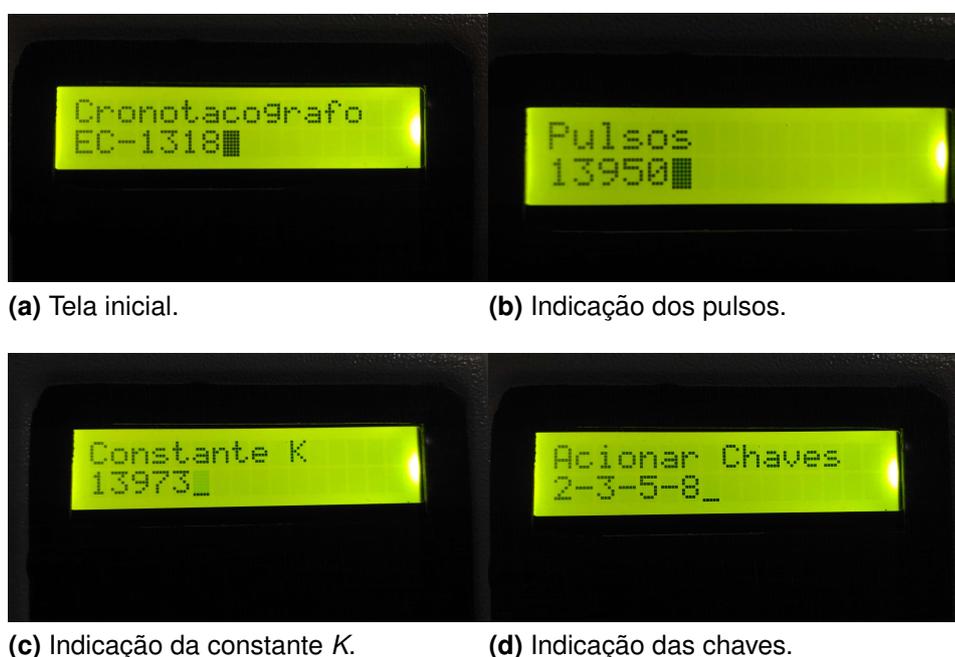


Figura 34: Pista de ensaio reduzida de 20 metros.

Fonte: Autoria própria, 2017.

A terceira etapa constitui-se da retirada dos lacres do cronotacógrafo para obter o acesso as micro-chaves. Utilizando uma chave pontiaguda foi possível realizar as atualizações.

A quarta e última etapa do ensaio constituiu-se na demarcação de uma pista de 5 mil metros. Que foi mensurada utilizando o hodômetro de outros dois veículos calibrados, com a finalidade de se obter uma precisão maior da distância percorrida. Em seguida, com o veículo de ensaio o trajeto foi percorrido e verificado o valor indicado no hodômetro do cronotacógrafo. A quarta etapa teve como propósito verificar a precisão da marcação comparada com os demais veículos já calibrados.



(a) microchaves lacradas.

(b) retirada do lacre.

Figura 35: Atualização das microchaves.**Fonte: Autoria própria, 2017.**

Ao final da sequência de teste, o ensaio repetiu-se quatro vezes para analisar a confiabilidade do equipamento de aferição desenvolvido.

4 RESULTADOS

Os métodos atualmente utilizados no processo de ajuste da constante K do cronotacógrafo são considerados precisos e eficazes. O método do banco de rolos e da pista de 20 metros, são ferramentas empregadas por autorizados do Inmetro, para realizar os ensaios definidos anteriormente. O procedimento descrito nesse presente trabalho teve como objetivo oferecer uma nova metodologia no sistema de obtenção da constante W dos veículos.

A partir dos ensaios realizados foram obtidos os dados referentes a quantidade de pulsos enviados pelo sensor nas distâncias previamente configuradas, além da distância registrada pelo equipamento de GPS. Todos os resultados foram obtidos por meio de ensaios realizados no mesmo local e em condições climáticas que favoreceram o sincronismo do dispositivo de GPS. Para o ensaio utilizando o GPS foram adotados os seguintes requisitos:

- - Pista plana (sem aclive e declive) ;
- - Pista reta (sem sinuosidade);
- - Velocidade constante do veículo;
- - Condições atmosféricas propícias para o sincronismo do GPS;
- - Dimensionamento da pista(Ponto Inicial - Ponto Final);

Para o ensaio da pista de 20 metros, utilizando o equipamento certificado pelo Inmetro, foi obtido uma constante K de 14087; que comprovou a veracidade do parâmetro assinalado no certificado. A constante K obtida com o equipamento desenvolvido se equiparou com a anterior, visto que para a obtenção dos parâmetros não utilizou-se o dispositivo de GPS.

Para o ensaio da pista de 200 metros, foi utilizado o mesmo veículo anteriormente aferido pelo Inmetro, com uma constante K assinalada no cronotacógrafo e na autorização de 14087, como é identificado na Tabela 4. A primeira amostra obtida no ensaio da pista de 200 metros identificou uma constante K de 13700, de acordo com a Tabela 4, a variação dos pulsos ficaram no intervalo de 13655 à 13743, dessa

Tabela 4: Ensaio pista de 200 metros

Pista 200 metros	Chaves	K=14087(Inmetro)	Distância GPS[m]
1ª amostra K(13655 – 13743)	1-4-5-8	13700	205,64
2ª amostra K(13655 – 13743)	1-4-5-8	13700	204,90
3ª amostra K(14307 – 14404)	2-5-8	14355	195,27
4ª amostra K(13744 – 13834)	4-5-8	13790	196,21
5ª amostra K(13566 – 13654)	2-4-5-8	13610	192,99

Tabela 5: Ensaio pista de 200 metros [erro]

Pista de 200 metros	Diferença($K_{obtido} - 14087$)	Erro (%)
1ª amostra K(13655 – 13743)	387	2,74
2ª amostra K(13655 – 13743)	387	2,74
3ª amostra K(14307 – 14404)	268	1,90
4ª amostra K(13744 – 13834)	297	2,11
5ª amostra K(13566 – 13654)	477	3,38

forma a indicação no display das chaves a serem modificadas são identificadas como 1-4-5-8.

Nos cinco ensaios realizados, apenas as duas primeiras amostras apresentaram a repetibilidade dos dados, porém essa e as demais se distanciaram do valor aferido pelo Inmetro como é identificado na Tabela 5.

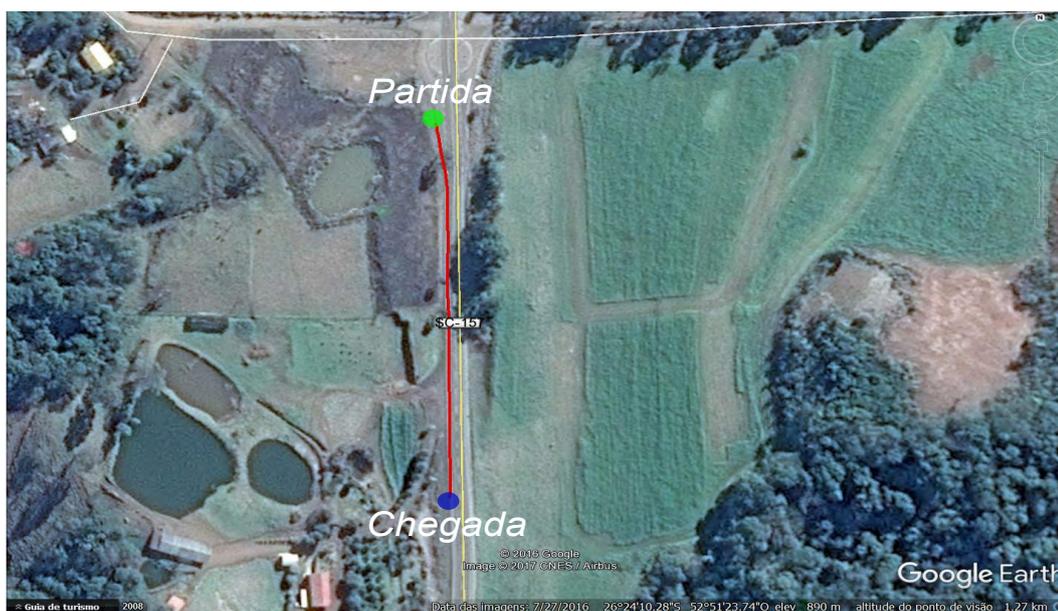


Figura 36: Pista de ensaio de 200 metros.
Fonte: Autoria própria, 2017.

O maior erro registrado nesse ensaio foi de 3,38% e o menor erro foi de 1,90%, considerando que o Inmetro admite um erro máximo de 1% no momento da aferição, o sistema num primeiro momento não estabeleceu a condição necessária para realizar uma aferição precisa e eficaz.

No ensaio da pista de 300 metros foram obtidos os seguintes resultados;

Tabela 6: Ensaio pista de 300 metros

Pista 300 metros	Chaves	K=14087(Inmetro)	Distância GPS[m]
1ª amostra K(13835 – 13926)	1-2-3-5-8	13880	303,56
2ª amostra K(13655 – 13743)	1-4-5-8	13699	307,40
3ª amostra K(13927 – 14019)	2-3-5-8	13973	302,49
4ª amostra K(14210 – 14306)	1-2-5-8	14258	295,46
5ª amostra K(14114 – 14209)	3-5-8	14161	298,01

Tabela 7: Ensaio pista de 300 metros [erro]

Pista de 300 metros	Diferença($K_{obtido} - 14087$)	Erro (%)
1ª amostra K(13835 – 13926)	207	1,47
2ª amostra K(13655 – 13743)	388	2,75
3ª amostra K(13927 – 14019)	114	0,80
4ª amostra K(14210 – 14306)	171	1,21
5ª amostra K(14114 – 14209)	74	0,52

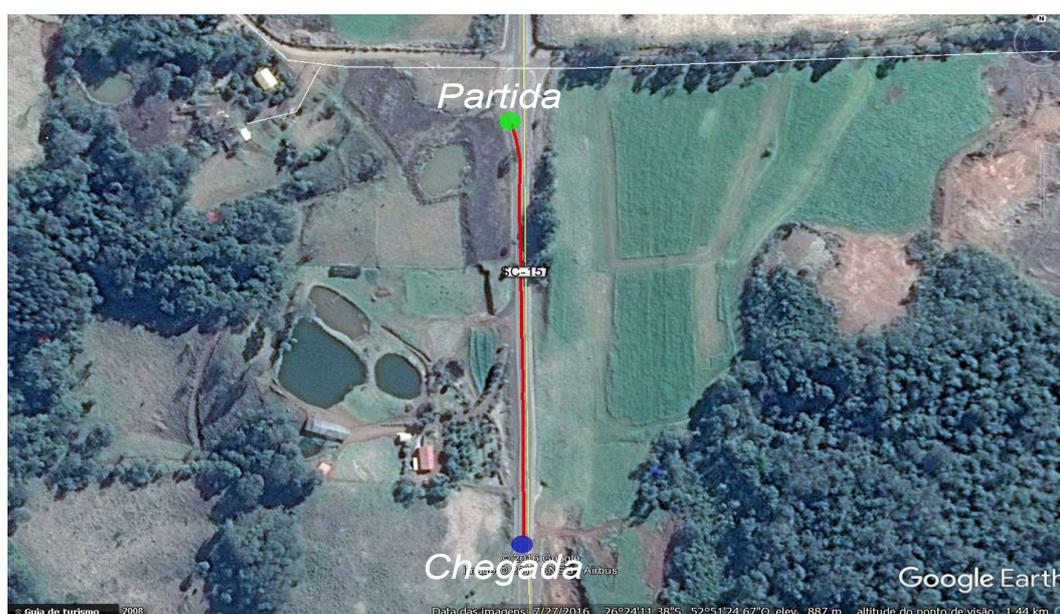


Figura 37: Pista de ensaio de 300 metros.
Fonte: Autoria própria, 2017.

Na pista de 300 metros foi possível verificar que o erro máximo foi de 2,61% e o erro mínimo de 0,67%. Entre as 5 amostras obtidas nesse ensaio, apenas duas respeitaram os parâmetros determinados pelo Inmetro. A Figura 37 ilustra a pista de ensaio obtida pelo GPS na pista de 300 metros;

No ensaio da pista de 500 metros foram obtidos os seguintes dados:

Tabela 8: Ensaio pista de 500 metros

Pista 500 metros	Chaves	K=14087(Inmetro)	Distância GPS[m]
1ª amostra K(14114 – 14209)	3-5-8	14161	497,80
2ª amostra K(13927 – 14019)	2-3-5-8	13973	505,21
3ª amostra K(13927 – 14019)	2-3-5-8	13973	502,38
4ª amostra K(14114 – 14209)	3-5-8	14161	497,05
5ª amostra K(14114 – 14209)	3-5-8	14161	495,98

Tabela 9: Ensaio pista de 500 metros [erro]

Pista de 500 metros	Diferença($K_{obtido} - 14087$)	Erro (%)
1ª amostra K(14114 – 14209)	74	0,52
2ª amostra K(13927 – 14019)	114	0,81
3ª amostra K(13927 – 14019)	114	0,81
4ª amostra K(14114 – 14209)	74	0,52
5ª amostra K(14114 – 14209)	74	0,52



Figura 38: Pista de ensaio de 500 metros.
Fonte: Autoria própria, 2017.

No último ensaio realizado, foi possível observar que a diferença entre o valor de K obtido, e o valor estabelecido no certificado, se intercalou entre o valor de 74 e 114, parâmetros esses, dentro do intervalo estabelecido pelo Inmetro. Em termos de percentual, os valores ficaram na margem $\pm 0,81\%$ do valor estipulado pelo órgão regulamentador. Os resultados da última parte do ensaio, não foram contabilizados em formas de tabela, devido a precisão do hodômetro do veículo registrar passos de atualização a cada 100 metros, no entanto, foi possível mensurar a calibração apenas utilizando os valores obtidos de K .

De um modo geral, ao comparar as três pistas de ensaios, houve uma diferença significativa na margem de erro estabelecida em cada parte. A principal fonte de erro do sistema desenvolvimento, definitivamente foi a precisão do componente de GPS escolhido para a elaboração do projeto.

A metodologia inicial de dimensionar a pista utilizando essa ferramenta de medição acarretou erros que foram acumulados a cada atualização de informação. Com o intuito de minimizar a discrepância dos valores obtidos, foi necessário estabelecer requisitos para realizar os ensaios.

Verificando as tabelas de resultado pode-se afirmar que o aumento da pista de ensaio colaborou no aumento da eficácia do equipamento desenvolvido. Os resultados foram obtidos em pistas planas e em sua grande parte formada por retas, o que trouxeram mais confiabilidade nos dados obtidos. O equipamento estava configurado para operar com dados de latitude e longitude apenas, ou seja, a justificativa de realizar os testes em lugares planos foi estabelecido pelo fato de não se trabalhar com valores de altitude, devido a precisão do GPS não fornecer uma informação confiável quanto a isso.

5 CONCLUSÃO

O cronotacógrafo é um dispositivo essencial na fiscalização de velocidade dos veículos, e é também, o grande responsável pelo registro das informações de viagem. A utilização do equipamento é obrigatória em todo o território nacional para veículos com peso bruto superior a 4536 kg e para veículos com 10 passageiros ou mais. Por ser um equipamento de fiscalização e registro de informações, é necessário realizar uma aferição no dispositivo. A cada 2 anos o cronotacógrafo é obrigado a realizar os testes necessários para a calibração e validação do equipamento, dessa forma, os métodos apresentados nesse trabalho são utilizados no momento dos ensaios para aferição.

Dentre as etapas de aferição do dispositivo, o ensaio da constante K se faz necessário para o correto sincronismo de velocidade do dispositivo com o veículo. Por meio desta, é possível realizar os ajustes necessários para obter um registro de velocidade e distância percorrida, mais próximo da realidade. O método da pista de 20 metros é um ensaio confiável para obtenção do parâmetro K . Assim como, a utilização do banco de rolos, para verificar o parâmetro estabelecido previamente ; são os principais métodos de aferição.

O método desenvolvido nesse trabalho, consistiu-se numa nova metodologia para aquisição do parâmetro W do veículo, e conseqüentemente a constante K . Em nenhum momento o intuito desse desenvolvimento teve como objetivo desqualificar os métodos atuais de aferição, senão, apresentar uma nova técnica de ensaio.

Diante dos resultados obtidos durante os ensaios realizados, foi possível concluir que a técnica utilizada para a determinação da calibração das micro-chaves; utilizando um dispositivo de GPS como referência de distância, se mostrou confiável dentro de uma margem de erro de aproximadamente 0,81%, considerando as condições de ensaios estabelecidas previamente. Ao compararmos as 3 pistas utilizadas, verificou-se que o aumento do trajeto influenciou significativamente nos valores obtidos.

Os valores do parâmetro K para a pista de 500 metros ficaram dentro do estabelecidos, porém, os resultados foram obtidos em condições favoráveis, e que não mostrou a repetibilidade para situações adversas. Deste modo, ao utilizar o dispositivo desenvolvido como ferramenta para a calibração do cronotacógrafo eletrônico EC

1318, é necessário seguir as recomendações estabelecidas. O dispositivo de GPS foi o principal componente do equipamento desenvolvido, por meio dele foi possível mensurar a distância percorrida para realizar a associação pulsos por quilômetros. Sendo assim, a principal fonte de imprecisão do equipamento desenvolvido, embora os ensaios realizados terem acontecidos em condições climáticas que favoreceram a conexão do dispositivo de GPS com os satélites.

Uma desvantagem observada ao término do trabalho em relação aos métodos atualmente utilizados, é justamente o fato da instabilidade do sistema desenvolvido, em condições adversas de clima, uma vez que, os ensaios devem ser realizados em trechos de rodovias, ao invés de estabelecimentos fechados, como é o caso do banco de rolos. Porém, uma grande vantagem da nova metodologia proposta, é o custo benefício em relação às técnicas atuais, uma vez que, o gasto para o desenvolvimento do dispositivo não ultrapassou R\$250,00, valor esse, muito inferior ao estimado atualmente, para implementar toda a estrutura necessária na incorporação do banco de rolos.

O equipamento desenvolvido se tornou um protótipo para uma nova técnica de obtenção da constante W do veículos. Incorporá-lo como um produto final nunca foi o objetivo desse desenvolvimento, visto que, sistemas de segurança e proteção dos circuitos projetados, devem atender os princípios legais, ao serem distribuídos e comercializados como equipamentos. Além de atender normas técnicas para entrar em operação. Talvez, um estudo mais aprofundado dentro de pouco tempo, possa ser realizado com o intuito de desenvolver um equipamento com características mais avançadas e com componentes de maior precisão, resultando assim num projeto de um produto acabado.

Porventura, na continuação deste trabalho podem ser estudados e propostos sistemas que incluam declives e aclives em linhas retas, para verificar a precisão do sistema de GPS na aferição do cronotacógrafo. Assim como, estudar a influência das curvas no aferimento do dispositivo, visto que, os resultados obtidos foram satisfatórios apenas para as condições estabelecidas.

Por fim, os procedimentos estabelecidos foram satisfatórios como um meio de entender o processo de aferição, de um dispositivo em tal grau de importância como o cronotacógrafo. Desenvolver um equipamento capaz de fazer parte do procedimento de calibração, tornou a natureza desse trabalho um tanto prática, já que, a aplicação da teoria na resolução de uma situação, resultou numa implementação palpável.

REFERÊNCIAS

- ACESSÓRIOS, Triângulo. **Posto de Ensaio de Cronotacógrafos**. 2017. Disponível em: <http://idcomercial.com.br/sites/admin/000043/arquivos/images/-/galeria_000200_Imagem_327.jpg>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- ARIZONA the university of. **What is space object behavioral sciences (SOBS)?** 2017. Disponível em: <http://idcomercial.com.br/sites/admin/000043/arquivos/images//galeria_000200_Imagem_327.jpg>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- ASSOCIATION, Road Rescue Recovery. **A Brief history of Tachographs**. 2016. Disponível em: <<http://www.rrra-recovery.co.uk/inews/4073-a-brief-history-of-tachographs.html>>. Acesso em: 22 abr. 2016.
- AUTOMACAO, FENG Engenharia de Controle e. **Sensores Industriais**. 2015. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/tergolina/Automacao_e_Controler/APRESENTACAO_-_Aula_03_Sensores_Industriais.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- BLOX u. **NEO-6 u-blox GPS Modules**. [S.l.], 2012.
- BOYLESTAD, L Robert; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 8. ed. [S.l.]: São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004. 671 p.
- BRASIL, VDO. **Tacógrafos**. 2017. Disponível em: <<http://www.vdo.com.br/tac%C3%B3grafos/tac%C3%B3grafos/tac%C3%B3grafos/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.
- BRASILEIRO, Código de Trânsito. **Lei 9503/97 de 23 de setembro de 1997**. 1997. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/91797/codigo-de-transito-brasileiro-lei-9503-97>>. Acesso em: 21 mar. 2017.
- CHAMONE, Luciana Cadar. **A matemática e o gps: Coordenadas geográficas, distâncias e ângulos esféricos**. 2016.
- CIVIL, Casa. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasil.: [s.n.], Set. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm>. Acesso em: 04 mar. 2016.
- CONTRAN, Conselho Nacional de trânsito. **Resolução Nº 92, de 4 de maio de 1999**. 2005. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/pam/pdf/PAM002646.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- DANA, Peter H. **Global Positioning System Overview**. 1995. Disponível em: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- DESENVOLVIMENTO, Instituto CEUB de Pesquisas e. **Curso de GPS e Cartografia Básica**. [S.l.: s.n.], 2004. 115 p.
- FIP. **Sinal de Velocidade**. [S.l.], 2012.

- INMETRO. **Portaria INMETRO/DIMEL/Nº 033, de 24 de marco de 2005.** 2005. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/pam/pdf/PAM002646.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- INMETRO. **Portaria nº 457, de 22 de dezembro de 2008.** 2008. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001409.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.
- INMETRO. **O que é o cronotacógrafo.** Inmetro: [s.n.], Set. 2017. Disponível em: <<http://cronotacografo.rbmlq.gov.br/>>. Acesso em: 04 mar. 2017.
- INSTRUMENTS, Texas. **Stellaris LM4F120H5QR Microcontroller.** [S.I.], 2012.
- MACIEL, Jiulliana Goncalves; RIOS, Tamires de Aguiar; GODINHO, Darlan da Silva. Gps: a antiga matemática na atual tecnologia. **Revista Modelos - FACOS/CNEC Osorio**, v. 2, n. 2, p. 201–213, 2012.
- MARUJO, Lino Guimar aes; MOTA, Daniel de Oliveira; CAMPOS, Beatris Macri; CERQUEIRA, Fernanda P. Um método para a avaliação do desempenho do serviço de ônibus baseado em dados de gps. **XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET**, 2015.
- MOPPBRASIL. **O tacógrafo e suas aplicações.** Set. 2012. Disponível em: <<http://www.moppbrasil.com.br/tacografo/32-o-tacografo-e-suas-aplica\cc\~o>>. Acesso em: 05 fev. 2016.
- NIE-DIMEL-100, Norma nº. **Verificação subsequente de cronotacógrafos.** 2011. Disponível em: <<http://cronotacografo.rbmlq.gov.br/files/nie-dimel-100-rev01-setembro-2011.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2016.
- PARANÁ, Instituto de Pesos e Medidas do Estado do. **Cronotacógrafos.** Secretaria de planejamento e coordenação geral: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.ipem.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=36>>. Acesso em: 21 mar. 2016.
- PAZ, Sérgio M.; CUGNASCA, Carlos E.; FERREIRA, Waldir. **O Sistema de Posicionamento Global e So turismo.** [S.I.: s.n.], 1998. 46 p.
- PRF. **Departamento de Polícia Rodoviária Federal.** 2015. Disponível em: <<https://www.prf.gov.br/PortalInternet/estatistica.faces>>. Acesso em: 22 abr. 2016.
- RATASAMEETHAMMAWONG, Pornpen; KASEMSAN, M.L.Kulthon. Mobile phone location tracking by the combination of gps,wi-fi and cell location technology. **IBIMA Publishing**, 2010.
- SCANIA. **Tacógrafo e Velocímetro.** [S.I.], 2001.
- SILICIO vida de. **Display LCD.** 2017. Disponível em: <<http://www.vidadesilicio.com.br/display-lcd-16x2-azul-adaptador-i2c.html>>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- SOFTWARE, Velomark. **Manual de Instalação - Configurando Scanner.** 2010. Disponível em: <http://www.velomark.com.br/Discos_diagrama.html>. Acesso em: 23 abr. 2016.

TACONEWS. **Eletronico MTCO 1390**. 2005. Disponível em: <<http://www.taconews.com.br/wp-content/uploads/2011/09/Eletr%C3%B4nico-MTCO-1390.jpg>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

TACONEWS. **Tacografo eletronico 1318**. 2005. Disponível em: <<http://www.taconews.com.br/wp-content/uploads/2011/09/Tac%C3%B3grafo-Eletr%C3%B4nico-13182.jpg>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

TECHNOLOGY, Inc SiRF. **NMEA Reference Manual**. [S.l.], 2005. Disponível em: <www.SiRF.com>.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: Fundamentos e aplicações**. 5. ed. [S.l.]: Erica, 2005. 222 p.

TIMBÓ, Marcos A. **Levantamentos Através do Sistema GPS**. [S.l.], 2000.

TREVISAN, Ed. **Tacógrafo analógico ou digital? qual o melhor?** Set. 2016. Disponível em: <<http://fretecomlucro.com/tacografo/>>. Acesso em: 26 março. 2016.

VELOMARK. **Disco diagrama**. 2010. Disponível em: <http://www.velomark.com.br/Discos_diagrama.html>. Acesso em: 23 abr. 2017.