

# Controlo Metrológico dos cinemómetros

O. Pellegrino

Laboratório Central de Metrologia, Instituto Português da Qualidade  
Rua António Gião 2, 2829 – 519 Caparica, Portugal; e-mail: opellegrino@mail.ipq.pt

## Resumo

Os diferentes procedimentos técnicos do controlo metrológico dos cinemómetros no Instituto Português da Qualidade (IPQ) estão sucintamente apresentados. Em particular, descreve-se uma validação dos ensaios de estrada efectuados para os dois principais tipos de cinemómetros utilizados, uns baseados em radares e outros utilizando um sistema vídeo. Com efeito, comparações com a nossa referência, um receptor GPS móvel comercial, com outros cinemómetros são necessárias para validar o nosso procedimento. Assim, dados obtidos por diferentes sistemas, como um baseado sobre barreiras com feixes laser, um vídeo instalado em carro e um radar utilizando o efeito Doppler, são comparados com os do receptor GPS móvel. Inicia-se também uma breve discussão sobre a metodologia utilizando os receptores GPS para os ensaios de estrada.

## Introdução

Portugal tem de submeter a ensaio os cinemómetros destinados a fiscalizar os limites de velocidades dos veículos motorizados nas estradas, bem como qualquer outro instrumento de medição utilizado para cumprir a aplicação da Lei. A primeira verificação e as verificações periódicas do controlo metrológico são efectuadas no Laboratório de Fotometria, Radiometria e Radiofrequências (LFR), do Laboratório Central de Metrologia (LCM), no Instituto Português da Qualidade (IPQ), responsável pelo controlo metrológico dos cinemómetros. Na ausência de Directiva sobre estes Instrumentos de Medição relativa aos cinemómetros, adaptámos os procedimentos do controlo metrológico dos cinemómetros dos laboratórios nacionais dos países do espaço comunitário europeu, à realidade nacional.

Esta comunicação apresenta uma primeira abordagem da validação da metodologia utilizada para os ensaios de estrada efectuados no âmbito do controlo metrológico dos cinemómetros pelo IPQ. A uma breve descrição das verificações em Laboratório para os dois tipos de cinemómetros (a maioria dos quais, em Portugal, utiliza o efeito Doppler dum radar, os outros são sistemas de perseguição com câmara vídeo), segue-se a apresentação da verificação em estrada dos mesmos. Ao contrário do que já

foi publicado [1], a metodologia utilizada para os ensaios de estrada corresponde a uma utilização mais fiável do cinemómetro de referência, o receptor GPS. Com efeito, trata-se do cálculo do valor médio de várias medições sobre a distância abrangida pelo equipamento em ensaio. Para a validação deste método, comparam-se os resultados deste com os dum cinemómetro-padrão de resolução elevada, o HADER, utilizando o efeito Doppler. O método pressupõe uma boa utilização do cinemómetro de referência, através duma boa cobertura de satélites e da garantia da recepção dum sinal estável. A utilização deste método é motivada pela sua flexibilidade, embora se possa colocar a sua adequação a todos os tipos de cinemómetros.

## Verificação em Laboratório

Para os cinemómetros a efeito Doppler, a mudança do valor da frequência ( $f_D$ ) duma radiação (de comprimento de onda  $\lambda$ ), reflectida sobre um objecto em movimento, dá a velocidade deste objecto ( $v$ ) através de:  $f_D = 2v \cos \alpha / \lambda$  (onde  $\alpha$  é o ângulo entre o eixo da radiação e o do movimento).

Portanto, a verificação consiste no controlo do valor da frequência de emissão (24,1 GHz ou 34,3 GHz, consoante o equipamento) e no controlo da directividade da radiação (largura do pico principal inferior a 14° e atenuação dos picos secundários superior a 15 dB). Para a primeira verificação, efectua-se uma comparação estatística dos valores de velocidade indicados pelo equipamento com os esperados a partir dum sinal de frequência Doppler conhecido. Os instrumentos de medição utilizados para as verificações em Laboratório são: um sensor de potência 47771H-2100B da Boonton, um analisador espectral 2792 da Tektronix, com fidelidade de 0,1 dB. É necessário para as simulações de velocidade um gerador de sinais sintetizados 20 MHz Wavetek modelo 90.

Para os cinemómetros-vídeo, a velocidade do veículo fiscalizado é dada pela velocidade do carro fiscalizador que o persegue a uma velocidade relativa nula durante um intervalo de tempo ou sobre uma distância conhecida.

Em consequência, a verificação periódica conclui-se com o controlo do contador de tempo por comparação com o relógio-padrão do

Laboratório de Tempo e Frequência do LCM. Para a primeira verificação, efectua-se uma comparação estatística dos valores de velocidade indicados pelo equipamento com os esperados a partir dum sinal de frequência conhecido. Os instrumentos de medição utilizados para as verificações em Laboratório são: um leitor-gravador VHS de resolução elevada (permitindo o desfile das filmagens imagem por imagem) e um gerador de sinais sintetizados 20 MHz Wavetek modelo 90 para as simulações de velocidade.

Os ensaios em Laboratório dos dois tipos de cinemómetro são diferentes porque os princípios de funcionamento dos equipamentos são diferentes. Além disso, os primeiros (os por efeito Doppler) efectuam um cálculo de valor médio da velocidade sobre alguns metros, enquanto os segundos estimam a velocidade sobre uma distância de cerca de cem metros.

### **Verificação em Estrada**

Os despachos de Aprovação de Modelos de cinemómetros em Portugal enunciam qual, o erro máximo admissível (e.m.a.), para a maioria dos modelos, das velocidades medidas ( $v$ ): para uma velocidade  $v < 100$  km/h, e.m.a. = 5 km/h, e para valores de  $v \geq 100$  km/h, e.m.a. =  $0,05v$ . Assim, os ensaios de estrada do controlo metrológico devem verificar que estes requisitos são cumpridos em condições reais, na estrada.

Devido aos tipos de cinemómetros existentes, duas metodologias se apresentam para os ensaios de estrada. Num caso, tratar-se-á de comparar as velocidades indicadas no cinemómetro com as obtidas por um cinemómetro-padrão quando se medir a velocidade de um fluxo de veículos. Este método estatístico só é adequado e utilizado para os cinemómetros por efeito Doppler. No outro caso, compara-se as velocidades indicadas no cinemómetro com as obtidas pelo cinemómetro-padrão, quando a medição é efectuada a velocidade constante e controlada dum veículo-alvo. Este método é adequado para todos os tipos de cinemómetros.

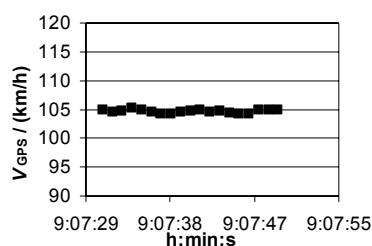
A fim de estimar margens de erro sobre as velocidades em « condições reais », é necessário um cinemómetro de « referência » de utilização flexível. Com efeito, os ensaios aplicam-se a todos os equipamentos do território das Ilhas da Madeira e dos Açores assim como aos do Continente. Por este facto, decidimos aplicar uma metodologia única para todos os tipos de cinemómetros.

Devido à existência dum protocolo de cooperação entre o IPQ e a Força Aérea

Portuguesa, o nosso Laboratório (LFR) tem acesso à pista aérea desafectada da base da Ota. Além de ser uma estrada/pista em linha recta com dois quilómetros, esta pista apresenta também a vantagem de permitir a recepção duma constelação de sinais de 8 satélites, no mínimo, o que, para um receptor portátil comercial GPS, corresponde a uma fidelidade anunciada de 4 metros. O receptor GPS utilizado, o Garmin modelo 76 com uma antena exterior GBR-27, foi calibrado recentemente no Laboratório de Trânsito da Metrologia e Acreditação Suíça (METAS), tendo uma fidelidade em condições operacionais óptimas de 0,2 km/h. Este equipamento é o cinemómetro de referência. Paralelamente, foi instalado um suporte em betão na pista aérea da Ota a fim de utilizar o segundo cinemómetro de referência, o cinemómetro de resolução elevada HADER, da SAGEM, baseado no efeito Doppler. Este último foi calibrado pelo fabricante e pelos serviços nacionais do Controlo Metrológico de França no ano passado e os valores de calibração permitem a sua classificação como cinemómetro de referência.

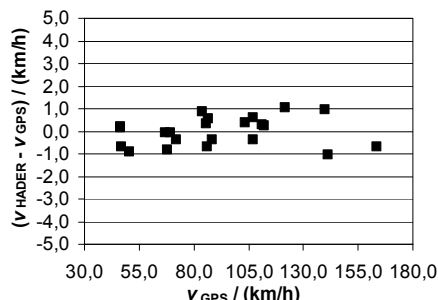
A metodologia adoptada consiste em efectuar para velocidades de 50 km/h, 70 km/h, 90 km/h, 110 km/h e 130 km/h, várias passagens pelo veículo-alvo que transporta o receptor GPS. Para a primeira verificação, efectua-se cinco passagens a cada velocidade controlada com a criação duma imagem (fotográfica ou vídeo) e para as verificações periódicas três passagens.

A estimativa da velocidade com o receptor GPS consiste no valor médio das velocidades recebidas a uma taxa de 1 Hz sobre pelo menos 15 segundos. No exemplo da Figura 1, isso corresponde a  $v = (104,7 \pm 0,60)$  km/h. Este procedimento de determinação da velocidade é idêntico para os ensaios de estrada dos cinemómetros-vídeo. Na prática da fiscalização, devido às velocidades e distâncias em jogo, o tempo da estimativa é de alguns segundos. Nas duas situações, a distância percorrida pelo veículo fiscalizado é de 500 metros e de 50 metros, respectivamente. Por outro lado, a determinação da velocidade pelos cinemómetros por efeito Doppler corresponde a um cálculo de valor médio ou de valor mais provável sobre uma dezena de metros, devido à recolha duma centena de valores à frequência Doppler (entre 1 kHz e 20 kHz).



*Figura 1 - Valores das velocidades recebidas pelo receptor GPS durante uma passagem.*

Estes valores de velocidades recebidas pelo receptor GPS dependem das condições durante o ensaio. Com efeito, salientamos novamente que o espaço disponível na base aérea da Ota permite uma óptima recepção da constelação de pelo menos 8 satélites durante o decorrer dos ensaios. É posto, por sua vez, um cuidado também sobre a constância do valor da velocidade do veículo-alvo. Isto permite favorecer a estabilidade do sinal GPS recebido nas situações de mudança de constelação dos satélites e durante os valores mais elevados da velocidade do veículo-alvo. Finalmente, uma chamada de atenção para que as zonas de estimativa das velocidades dados pelos cinemómetros de referência sejam sobrepostas aos valores dados pelos cinemómetros em verificação.



*Figura 2 – Desvios entre valores de velocidades obtidos pelo cinemómetro HADER e pelo receptor GPS.*

A Figura 2 apresenta os desvios entre os valores de velocidades medidos pelo cinemómetro HADER e pelo receptor GPS durante uma experiência na Ota com um mesmo veículo-alvo, o qual transporta o receptor GPS e nas condições dum ensaio de estrada. Desta Figura, podemos deduzir que os desvios observados não ultrapassam 1 km/h independentemente dos valores das velocidades de ensaio (50 km/h, 70 km/h, 90 km/h, 110 km/h e 130 km/h). Este valor máximo é sempre inferior ao erro máximo admissível apresentado nos despachos de aprovação de modelo. Assim, este resultado permite-nos validar o receptor GPS como cinemómetro de referência para o método utilizado em ensaios de estrada.

## **Conclusão**

Neste trabalho, conseguiu-se apresentar e validar um método de ensaios de estrada dos cinemómetros utilizados para fiscalização nas estradas. Este método utiliza um receptor GPS cujo resultado quando comparado com um cinemómetro de resolução elevada, o HADER, não difere de mais 1 km/h na estimativa de velocidades entre 50 km/h e 150 km/h. No entanto, para estes resultados, há que ter em conta e contabilizar as condições de trabalho com este equipamento. Com efeito, utilizou-se uma pista aérea desafecta onde as condições de recepção dos sinais GPS assim como a realização dos ensaios a velocidades controladas constantes são possíveis.

A optimização dos ensaios será tanto maior quanto maior for a automatização informática para o tratamento dos sinais recebidos em tempo real. Devido à diferença de funcionamento dos cinemómetros, o método utilizado é mais adequado para cinemómetros de perseguição. Os ensaios de estrada estatísticos são mais adequados para os cinemómetros por efeito Doppler porque permitem a abstracção das diferenças de secção eficaz dos veículos sob os feixes dos radares.

## **Referências**

- [1] O. Pellegrino, "Periodical Verifications of car speedometers at the Portuguese Institute for Quality", "International Congress of Metrology", Saint-Louis (France), 2003.
- [2] Organisation Internationale de Métrologie Légale, «Radar equipment for the measurement of the speed of vehicles», OIML R 91, Edition 1990 (E).
- [3] Physikalisch-Technische Bundesanstalt, «Prüfschein; Verkehrsüberwachungsanlage Provida 2000», Braunschweig und Berlin, 1997.