

**Pedro Miguel Graça Salgado**

*(Tipo de letra: Arial, 14 pt negrito)*

Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

*(Tipo de letra: Arial, 11 pt normal)*

**[Título da Dissertação]**

*(Tipo de letra: Arial, 16 pt negrito)*

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Electrotécnica e de Computadores

*(Tipo de letra: Arial, 11 pt normal)*

Orientador: [Nome, Categoria, Escola]

Co-orientador: [Nome, Categoria, Escola]

*(Tipo de letra: Arial, 12 pt normal)*

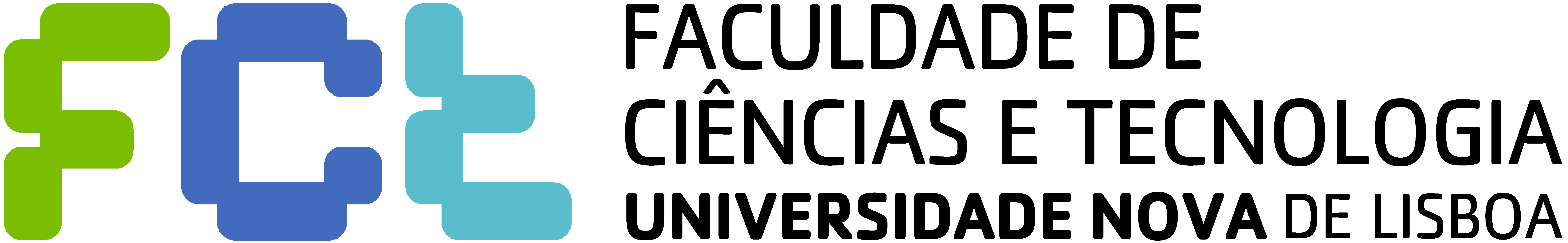
Júri: *(Font: Arial, 10 pt normal)*

Presidente: Prof. Doutor(a) [Nome Completo]

Arguente(s): Prof. Doutor(a) [Nome Completo]

Vogal(ais): Prof. Doutor(a) [Nome Completo]

*(Tipo de letra: Arial, 10 pt normal)*



**[Setembro de 2013]**

*(Tipo de letra: Arial, 11 pt negrito)*

**LOMBADA**



**[Título da Dissertação]** *(Tipo de letra: Arial, 10pt normal)*

**[Primeiro e último nome do candidato(a)]** *(Tipo de letra: Arial, 10pt normal)*

**[Ano]**

*(Tipo de letra: Arial, 10 pt normal)*

# Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Doutor Alexandre Tilly e ao Prof. Viriato Semião.

Agradeço ao Carlos Completo pelo apoio prestado no trabalho experimental, principalmente durante a fase de adaptação aos equipamentos disponíveis no laboratório. Quero também deixar o meu agradecimento ao Gonçalo Silva por todo o apoio e companhia ao longo da elaboração deste trabalho.

Ao meu colega César Aguiar, agradeço a companhia e a camaradagem demonstrada durante todo o semestre. Aproveito também para lhe desejar o maior dos sucessos para a sua próxima etapa.

Não posso deixar de expressar a minha gratidão perante o Professor José Luís Sequeira pelas

suas sugestões e por ter emprestado o material necessário à montagem dos circuitos electrónicos, bem como por me ter deixado testar os circuitos com os seus equipamentos. Gostaria também de agradecer ao Professor Teixeira Borges por ter disponibilizado o aparelho de calibração do sensor de pressão.

Gostaria também de deixar a minha palavra de gratidão para com a Doutora Belmira Carrapiço

da Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade Técnica de Lisboa, por ter possibilitado a recolha das amostras de sangue utilizadas.

Deixo aqui uma palavra de apreço para com o meu amigo Pedro Quaresma que foi como um mentor ao longo destes cinco anos e à Joana Vieira pela ajuda que me deu, principalmente nos meus primeiros dois anos de curso.

Por fim, quero agradecer aos meus pais que sempre estiveram do meu lado e sempre me deram a força, motivação e apoio necessários para o meu sucesso académico e pessoal, e ao meu irmão que sempre foi a minha referência e que sempre me ajudou com bons conselhos.

# Resumo

O presente trabalho visa caracterizar experimentalmente escoamentos de sangue em microcanais rectos de PDMS e secção rectangular constante, fabricados de modo possibilitar medir a queda de pressão, visualizar o escoamento para medições com a técnica micro-PIV e estimar o valor da espessura da camada de plasma. Também foram medidos valores da viscosidade de sangue de cão e coelho, avaliando-se os efeitos do anticoagulante e do tempo de conservação a 4ºC e comparando-os. Os ensaios de viscosidade mostraram que o anticoagulante aumenta os valores da viscosidade do sangue canino em de 9% e que, nas primeiras horas de conservação decrescem, começando a recuperar os seus valores após 3 horas de conservação. Após um dia, o sangue canino recuperou os valores de viscosidade que tinha aquando da colheita, continuando a aumentar no dia seguinte. O sangue de coelho apresentou valores de viscosidade inferiores aos do cão, sendo esses valores sempre decrescentes com o tempo de conservação num período de dois dias. Nos

escoamentos de sangue nos microcanais, a queda de pressão aumentou linearmente com a velocidade média para elevadas velocidades. Para baixas velocidades, o efeito das paredes no escoamento aumentou com a velocidade média, originando perfis cada vez menos achatados. Estes resultados foram interpretados com a variação da espessura camada de plasma junto à parede que, para baixas velocidades, aumentou com a velocidade. Para elevadas velocidades , a camada de plasma permaneceu invariável com o aumento da velocidade, corroborando o comportamento de fluido Newtoniano já indiciado pela variação linear da queda de pressão.

***Palavras chave*** – Microfluídica, Viscosidade sanguínea, Escoamento sanguíneo em microcanais, Organização celular, Camada de plasma.

# Abstract

The present work aims at the experimental characterization of blood flow in straight microchannels manufactured in PDMS, in order to allow pressure drop measurements, flow visualization for micro-PIV and plasma layer thickness measurements. Viscosity measurements were also made to characterize dog and rabbit blood viscosities, by also assessing the effects of the anticoagulant added to the blood and the storage (at 4ºC) time. For rabbit blood it was only assessed the effect of the storage time. The viscosity measurements showed that the anticoagulant increased the dog blood viscosity values. As for the effect of storage time, the viscosity values decreased in the first 3 hours and, after that they started to increase. After one day, the dog blood showed the same viscosity values as the ones measured immediately after the collection. Two days after storage, the viscosity values continued increasing. As for rabbit blood viscosity, it showed lower values than dog blood and a continuous decrease with the storage time, during a two-day period. For blood flow in the microchannels, it was seen that the pressure drop increased linearly with the mean flow velocity, for high velocities, revealing a Newtonian fluid behavior. For low average velocities it was observed that the effect of the walls increased it, yielding velocity profiles increasingly less uniform. Plasma layer thickness increased with the mean flow velocity for low velocities and remained unchanged for high velocities, corroborating the Newtonian fluid behavior inferred from the pressure drop values.

***Keywords*** – Microfluidics, Blood viscosity, Blood flow in microchannels, Plasma layer, Blood cell organization.