



SISTEMAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO PARA A ENGENHARIA DE TRANSPORTES – um projeto integrado de ensino e desenvolvimento tecnológico

Heloisa Maria Barbosa¹
Carmela Maria Polito Braga²
David Ahougi Vaz de Magalhães²
Fábio Gonçalves Jota²
Márcio Fantini Miranda²
Ronaldo Guimarães Gouvêa²
David Roosevelt Linhares³
Érica de Castro Hott³

Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

Este documento apresenta o Projeto de Ensino Sistemas de Controle e Automação para Engenharia de Transportes, do Programa de Aprimoramento Discente – PAD da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Este Grupo PAD abrange a interface existente na atuação das áreas de Transportes e de Controle e Automação, e é constituído por alunos dos cursos de graduação em Engenharia Civil e de Controle e Automação. O projeto tem por objetivos específicos o desenvolvimento de: (i) um sistema inteligente para medição de velocidades e identificação de veículos; e (ii) um programa para simulação de tráfego. Este foi desenvolvido em linguagem Delphi para simular o fluxo de veículos e comparar uma interseção semaforizada operando em duas situações distintas: com tempo fixo, e de forma adaptativa de acordo com a detecção do fluxo, efetuada por um laço. Está sendo construído um laço de indução em uma via do Campus para testar o programa de aquisição de dados que possibilita a identificação do tipo de veículo ao passar pelo laço, por uma "assinatura", em princípio, única para cada tipo de veículo.

ABSTRACT

This paper presents the Teaching Programme: Control and Automation Systems for Transportation Engineering, as part of the Student Improvement Programme conducted at the School of Engineering of The Federal University of Minas Gerais. This study group comprises the existent interaction between transportation and control and automation areas, and it is composed by undergraduate students of Civil Engineering and Control and Automation Engineering. The Project aims at developing: (i) an intelligent system for speed measurement and vehicle classification; and (ii) a traffic simulation program. The latter was developed using Delphi language in order to compare a signalised junction working under two distinct situations: pre-timed signals, and actuated signal according to flow detection by an inductive loop. This device has been implemented on a Campus road to test the acquisition data software which enables the identification of vehicle type when passing over the loop through a signature, in principle, unique to each vehicle type.

1. INTRODUÇÃO

O Projeto **Sistemas de Controle e Automação para Engenharia de Transportes** foi criado no âmbito do Programa de Aprimoramento Discente – PAD da Pró-reitoria de Graduação. O Programa PAD tem por objetivos:

1. Propiciar ao aluno de graduação a possibilidade de otimizar o seu potencial acadêmico.
2. Preparar o aluno para o ingresso em programas de pós-graduação, funcionando, assim, como programa de incentivo à carreira acadêmica.
3. Promover a melhoria do ensino de graduação, pelo:
 - estabelecimento de novas práticas e experiências pedagógicas;
 - atuação dos bolsistas como agentes multiplicadores, disseminando novas idéias e práticas entre o conjunto dos alunos dos cursos;
 - execução de atividades extra-classe que permitam a interação dos alunos do programa com o corpo docente e discente da instituição.
4. Apoiar financeiramente o aluno através da bolsa de aprimoramento discente.



O Grupo PAD para estudo de Sistemas de Controle e Automação para Engenharia de Transportes, criado em maio de 2002, abrange a interface existente na atuação das áreas de Transportes e de Controle e Automação, e é constituído por alunos dos cursos de graduação em Engenharia Civil e em Engenharia de Controle e Automação.

Este trabalho tem como objetivo geral o estudo teórico, a simulação e o desenvolvimento de sistemas relacionados com o Controle de Tráfego e Engenharia de Transportes. Ele é resultado de uma cooperação entre o Departamento de Engenharia de Transportes e o Grupo de Controle de Processos Industriais, GCPI do Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG.

A partir desse objetivo geral, têm-se os objetivos específicos, quais sejam, (i) o desenvolvimento de um sistema inteligente para medição de velocidades e classificação de veículos; e (ii) o desenvolvimento de um programa para simulação de tráfego urbano. O projeto visa fornecer aos alunos uma visão interdisciplinar para o entendimento e análise de sistemas de Controle e Automação para a Engenharia de Transportes. Além disso, complementa a formação específica de cada curso pela atuação coletiva, consolida uma área de pesquisa, e aperfeiçoa os Cursos de Graduação envolvidos.

O presente texto relata a experiência interdepartamental que resultou no desenvolvimento do sistema de medição de velocidade e no programa de simulação de tráfego, dando ênfase ao procedimento metodológico e a forma de interação entre os grupos.

2. HISTÓRICO

É indiscutível a importância, na atualidade da “*telemática de transportes*” que envolve os ditos Sistemas Inteligentes de Transportes (Intelligent Transport Systems, ITS), os quais aplicam tecnologias de informática, eletrônica, controle e automação para a melhoria da eficiência e produtividade do transporte, e exigem conhecimentos de várias áreas da engenharia, por exemplo: civil, controle e automação, mecânica, eletrônica, industrial, e outras disciplinas afins.

As tecnologias dos ITS podem ser aplicadas para o gerenciamento e controle de tráfego; pedágio e taxação de vias; segurança viária e fiscalização; informação aos usuários; bilhetagem automática para o sistema de transporte público; informação e orientação para motoristas; gerenciamento de cargas e de frota; e integração de sistemas de transportes. A adoção dessas tecnologias aperfeiçoa as operações de transporte e contribui para o aumento da eficiência, segurança, produtividade, qualidade ambiental e conservação de energia. Muitos sistemas já foram implantados em países desenvolvidos, o que tem motivado o estudo e a investigação desses sistemas em países em desenvolvimento, os quais apresentam crescentes problemas relacionados com infra-estrutura de transporte.

Dada a importância dos ITS e a crescente necessidade de soluções rápidas, eficientes, e de baixo custo, iniciou-se uma cooperação entre dois grupos de Pesquisa, da Escola de Engenharia da UFMG, objetivando o estudo de uma área que pode ser denominada como “Automação em Sistemas de Transporte”. Essa cooperação surgiu com a formação do Grupo PAD, que visa a orientação de alunos para o desenvolvimento de protótipos e programas de computador para estudo de sistemas de transportes.



3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Devido à natureza multidisciplinar do Projeto envolvendo duas áreas da engenharia, os alunos bolsistas têm sido orientados por Professores dos dois cursos em questão. O trabalho que está sendo realizado requer dos alunos o conhecimento dos principais conceitos de Engenharia de Transportes e de Controle e Automação. Para esta absorção de conteúdo teórico e prático e nivelamento do conhecimento dos alunos foi realizada revisão bibliográfica, para estudar os conceitos necessários à perfeita compreensão e domínio dos conteúdos. Esta atividade tem sido contínua.

A metodologia de trabalho envolve as seguintes etapas: (i) desenvolvimento de protótipo de detecção de veículos por meio de laços de indução; (ii) desenvolvimento de software para a aquisição, manipulação e tratamento de dados coletados pelo laço indutivo; (iii) desenvolvimento de software para simulação de tráfego; (iv) realização de testes de laboratório; (v) implantação do sistema em caráter experimental; (vi) realização de testes de campo para calibrar os dispositivos; (vii) análise de resultados.

4. DESCRIÇÃO DOS PROJETOS EM DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS OBTIDOS

A primeira etapa de trabalho consistiu na definição dos projetos a serem desenvolvidos, tendo como princípios norteadores o perfil do Grupo e a disponibilidade de equipamentos e laboratórios. Dentre os objetivos específicos já mencionados estão o desenvolvimento de um simulador de tráfego e de um sistema de aquisição de dados para medição da velocidade e classificação de veículos baseado em um laço de indução. Estes dois estudos serão descritos nas subseções seguintes.

4.1 Sistema de Medição de Velocidade e Classificação de Veículos Baseado em Laço de Indução

Os detectores com laço de indução são constituídos por um fio fino do tipo EPR carregado com uma tensão AC, embutido em cortes sob a superfície da via, geralmente na forma retangular, quadrangular ou hexagonal, dando três voltas neste, ver Figura 1. O detector é colocado em faixas de tráfego, sendo um por faixa. A detecção é feita através de mudança na indução causada pela presença de objeto metálico. O equipamento exige calibração criteriosa, sendo possível a detecção de veículos de acordo com a calibração.

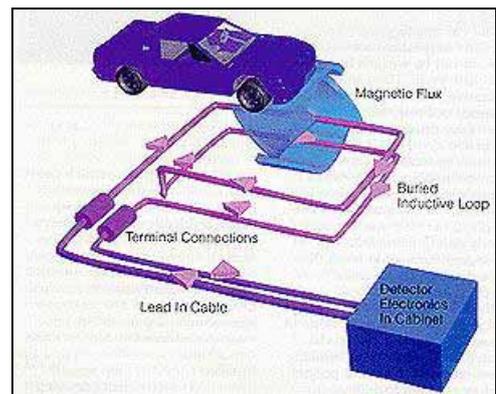


Figura 1 – Laço de Indução

O laço indutivo é o dispositivo de detecção de veículos mais comum no cotidiano urbano. É muito utilizado para medição de velocidade, em barreiras de estacionamentos e contagem volumétrica. Pesquisas demonstram que o laço pode também classificar veículos uma vez que estes possuem diferentes distribuições de metal, produzindo induções diferenciadas. A instalação permanente produz dados de alta qualidade necessitando de checagens e recalibrações esporádicas.



Projeto do Laço de Indução

A primeira etapa do projeto consistiu na construção, em laboratório, de um laço em escala reduzida. Para tanto foi estudada a variação da indutância de uma bobina quando submetida a diferentes materiais ferromagnéticos, a partir da relação entre a variação da frequência e da indutância. Para a medida da frequência foi utilizado um circuito oscilador Colpitts, constituído de um circuito LC paralelo entre o coletor e a base de um transistor, com uma fração do circuito sintonizado utilizada para alimentar o emissor. Essa realimentação é obtida por um divisor capacitivo no oscilador. Se a frequência de operação for suficientemente baixa para se desprezar as capacitâncias do transistor, a frequência de oscilação será determinada pela frequência ressonante do circuito.

Com a informação da frequência em função do tempo, pode-se obter uma base de tempo que, junto com a informação da distância resulta na informação da velocidade do veículo. Além disso, o formato dessa curva pode fornecer informações sobre a característica do veículo.

Para gerar a curva de frequência versus tempo foram feitas amostragens de valores da frequência em intervalos de 0,01 segundos, por dois contadores 74LS193. Os dados obtidos foram armazenados em um buffer e enviados ao computador via porta paralela (LPT1). A opção por essa forma de aquisição dos dados se deveu à portabilidade do sistema, que pode ser acoplado a qualquer computador, sem necessidade de adição de qualquer outro hardware.

A etapa atual do projeto, relatada nesse documento, consistiu no desenvolvimento de um protótipo reduzido desse laço de corrente. Como proposta de continuidade dos estudos, está-se viabilizando a construção de um laço em uma via do Campus Universitário da UFMG para testes in-loco. A escolha do local para sua instalação foi definida levando em consideração a existência de revestimento asfáltico no trecho, a localização próxima ao LCPI - Laboratório de Controle de Processos Industriais, e o fluxo substancial de veículos que propiciará uma amostra suficiente para tabulação dos dados e análise de resultados.

No presente momento, as montagens estão sendo refeitas de forma a aumentar a confiabilidade e repetibilidade das medições. O programa de aquisição está sendo aprimorado de forma a possibilitar a identificação do tipo de veículo (leve, médio, pesado). Espera-se que ao final do projeto cada veículo que passar pelo laço seja identificado por uma "assinatura", em princípio, única para cada tipo de veículo.

4.2 Projeto do Simulador de Tráfego

O Simulador de Tráfego é um programa que visa a comparação de operações em uma interseção semaforizada, em duas situações distintas: (i) operação com tempo fixo e (ii) operação de forma adaptativa de acordo com a detecção do fluxo, efetuada por um laço. A vantagem dessa abordagem é a facilidade de realização da simulação e de modificação de parâmetros do sistema, assim como das facilidades de apresentação gráfica dos resultados. O simulador de tráfego foi elaborado em linguagem Delphi para dois cruzamentos semaforizados idênticos operando com o mesmo fluxo e tipo de veículos.

Na Figura 2 mostra-se uma das telas do programa na qual são apresentados as duas interseções e os respectivos parâmetros. O cruzamento superior dotado de sensor (laço indutivo), opera de forma adaptativa, portanto os tempos de verde e vermelho são dinâmicos, alterando o ciclo de acordo com a demanda; o inferior opera com tempos fixos.



O Simulador gera aleatoriamente o fluxo em cada aproximação, bem como as variáveis relativas a cada veículo: velocidade, aceleração, tempo de reação e espaçamento. Cada veículo possui uma velocidade máxima e aceleração própria e aleatória dentro de uma certa faixa, sendo que os ônibus possuem velocidade e aceleração menor que as dos automóveis. Também são aleatórios o tempo de reação e o espaçamento entre veículos. Cada veículo trafega prioritariamente na sua velocidade máxima, mas quando se aproxima de um outro veículo reduz sua velocidade suavemente até equiparar sua velocidade ao veículo da frente. Ao sinal verde cada veículo leva um tempo para começar a se movimentar (tempo de reação citado acima), e acelera até atingir sua velocidade característica.

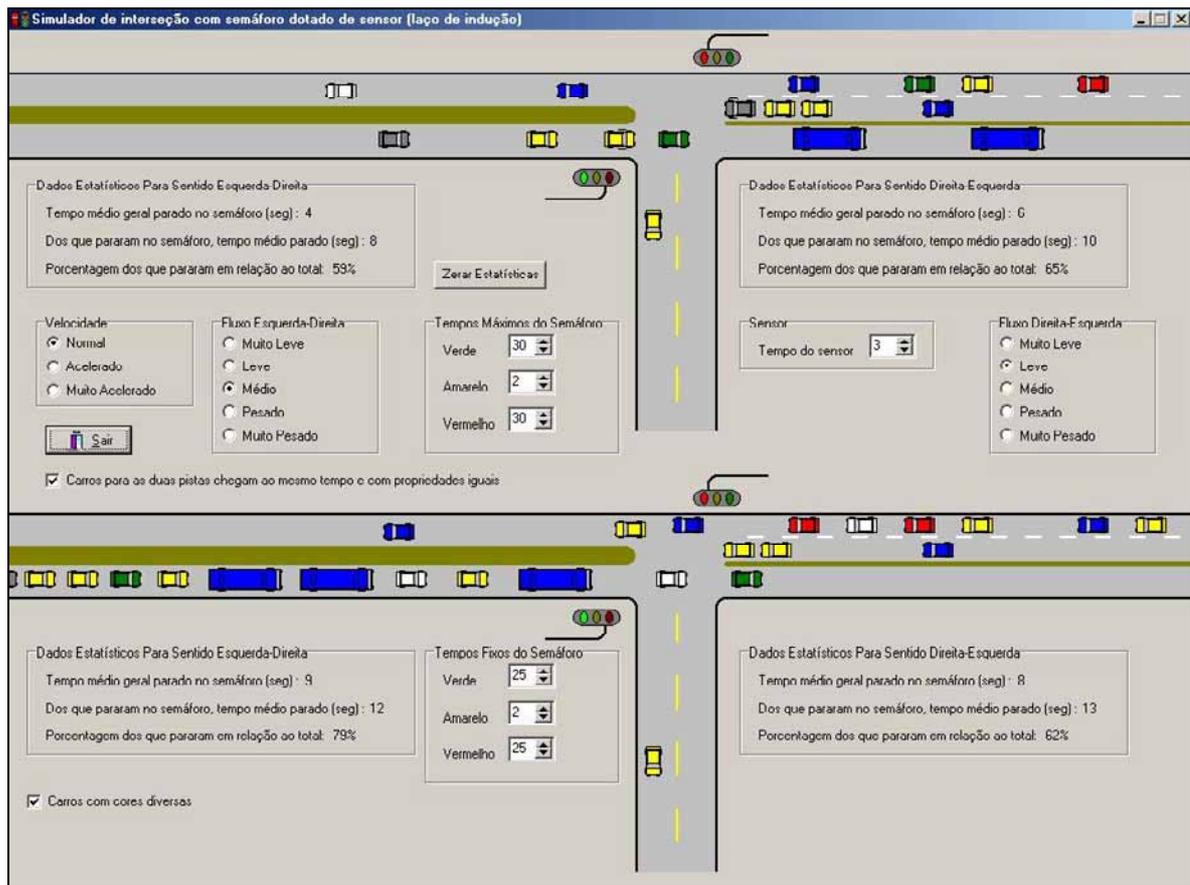


Figura 2: Tela do Simulador

É possível determinar o fluxo em cada sentido separadamente segundo as seguintes categorias: muito leve, leve, médio, pesado ou muito pesado. Com isso é possível simular não só um cruzamento específico, mas com todo tipo de demanda. Determinam-se também os tempos fixos do semáforo sem sensor e os tempos máximos do semáforo com sensor. O programa permite alterar os tempos de ciclo e o tempo sem veículos sobre o sensor, isto é, o tempo para o semáforo mudar para vermelho, se não passar nenhum veículo e se no outro sentido houver algum veículo esperando. Para agilizar a simulação, pode-se escolher a velocidade da mesma entre as opções: normal, acelerada e muito acelerada. Com o dispositivo “wheel mouse” pode-se alterar a velocidade da simulação.



Resultados obtidos

No estágio atual de desenvolvimento do Simulador as estatísticas geradas pelo programa são as seguintes: ‘Tempo médio geral parado no semáforo’: somatório do tempo que cada veículo ficou parado dividido pelo número de veículos contados; ‘tempo médio parado’: idem ao item anterior considerando apenas os veículos que pararam por algum tempo; ‘porcentagem dos que pararam em relação ao total’: relação do número de veículos com velocidade zero em algum momento pelo número total de veículos; ‘tamanho médio da fila’: média do tamanho máximo da fila para cada ciclo; ‘atraso total por hora’: somatório do tempo que cada veículo ficou parado, em uma hora; e ‘grau de saturação’: divisão do volume pela capacidade. Para efeito de comparação esses indicadores são calculados para cada aproximação.

Nas próximas etapas será incorporada ao simulador a opção de seleção da quantidade relativa de ônibus, e serão especificadas faixas de valores em veículos/hora para as opções de fluxo: muito leve, leve, médio, pesado ou muito pesado. É necessário comparar o fluxo gerado pelo simulador com valores observados no campo, tal que a capacidade da via simulada esteja entre 1800 e 2100 veículos por hora de verde (fluxo de saturação), correspondente aos valores encontrados em vias urbanas.

5. PROJETOS FUTUROS

O Grupo já definiu o próximo projeto. Trata-se da Automação da Pesquisa Sobe e Desce, cuja revisão bibliográfica já iniciada, permitiu delinear alguns dos possíveis meios de execução, descritos a seguir. Pretende-se implementá-lo tão logo os dois projetos em desenvolvimento, descritos no item anterior, estejam em fase de testes operacionais.

O principal objetivo da pesquisa Sobe e Desce é conhecer a demanda e a rotatividade de passageiros em uma linha de ônibus. A tabulação dos dados permite avaliar o carregamento da linha e possibilita os seguintes usos e aplicações: definição de pontos de parada, melhoria de pontos (baias, abrigos etc.), alteração de itinerários, ajuste de espaçamento entre pontos, redimensionamento do quadro de horários, e conhecimento do perfil operacional da linha estudada.

A importância da pesquisa sobe e desce para instituição, renovação ou destituição de uma linha já é algo consolidado. Atualmente, o método utilizado na pesquisa Sobe e Desce compreende um ou mais pesquisadores no interior do veículo, que anotam a ocupação do ônibus no ponto inicial e o número de passageiros que embarcam e desembarcam em cada ponto de parada, um processo trabalhoso e muitas vezes impreciso. A possibilidade de substituir este método manual por um automatizado é o objetivo do projeto a ser desenvolvido, procurando facilitar a obtenção de dados. A substituição dos pesquisadores e das fichas de campo por um sistema automatizado de coleta de dados conduz a um processo rápido e seguro. Há três casos a serem considerados no desenvolvimento do projeto, descritos a seguir.

CASO 1: Uso de sensores fotoelétricos nas portas de entrada e de saída do veículo, que a cada interrupção do feixe realiza a contagem de um passageiro embarcando ou desembarcando do veículo. Oferece precisão na contagem do fluxo de passageiros, mas permite interpretação errônea pelo sensor em algumas situações, ex. passageiro parado junto à porta gerando contagem duplicada.



CASO 2: Uso de sensores de peso (pressão) instalados no piso junto às portas de entrada e saída do ônibus, como um tapete. Para diminuir a probabilidade de erros há necessidade de um fator de correção para a massa média dos passageiros, além da dificuldade de identificar apenas um passageiro caso este pressione o tapete com os pés direito e esquerdo.

CASO 3: Uso de detectores de massa instalados no fundo do ônibus, possivelmente no centro de gravidade, possibilita uma estimativa que supriria diversos aspectos da pesquisa e pode associar o carregamento total aos pontos de parada dos ônibus. Entretanto, não possibilita uma contagem exata do fluxo, e não fornece dados de embarque e desembarque.

Qualquer que seja a forma da automatização da pesquisa será certamente necessário criar um mecanismo para relacionar a posição do veículo em relação aos pontos de parada com o movimento dos passageiros. Para contornar este problema sugere-se o auxílio de GPS, ou um sistema que relacione a leitura do odômetro com os movimentos de embarque e desembarque. Este sistema requer a codificação prévia dos pontos de parada ao longo de todo o itinerário e as distâncias entre eles. Outra dificuldade para a concepção do protótipo refere-se às diferentes configurações dos ônibus: portas que permitem o acesso de duas pessoas simultaneamente, ônibus com três portas.

5. CONCLUSÕES e CONSIDERAÇÕES FINAIS

No tocante a interação entre departamentos e filosofia de trabalho

Este projeto vem alcançando os objetivos gerais propostos no que diz respeito ao enfoque interdepartamental e multidisciplinar, complementando a formação específica de cada curso pela atuação coletiva, despertando o interesse dos alunos por uma área de caráter multidisciplinar, que dificilmente seria explorada em um só curso ou Departamento da UFMG. Além disso, vem fortalecer uma área de conhecimento que carece de formação sólida no país, mas que ao mesmo tempo demanda resultados de baixo custo e eficientes.

Todo material produzido seja na forma de textos, protótipos e equipamentos, tem sido aproveitado pelas duas áreas, para o ensino de disciplinas correlatas. Além disso, pode-se mencionar, como resultado imediato do projeto o aprimoramento dos laboratórios de pesquisa, o desenvolvimento de equipamentos e sistemas de utilidade imediata em aplicações práticas do cotidiano urbano.

A concessão de bolsas de aprimoramento discente está sendo vital para viabilização do programa. Apesar das dificuldades inerentes a um projeto dessa amplitude, acredita-se que o seu desenvolvimento continuará indicando os caminhos a serem trilhados, evidenciando a pertinência de sua continuidade, e desta forma, certamente proporcionará alcançar os objetivos propostos e desenvolver novos projetos.

Como contribuição, acredita-se que tal cooperação pode servir de modelo para outras áreas de pesquisa que envolvam conhecimentos interdisciplinares. A metodologia de trabalho, a interação entre os grupos, a dinâmica da troca de informações, a forma de aquisição de conhecimento em áreas distintas são exemplos que podem ser seguidos, com certeza, de bons resultados. Além disso, a diversificação na formação dos alunos é um dos resultados de maior expressão nessa experiência.



No tocante aos resultados teóricos e experimentais

Além do exemplo da metodologia interdepartamental de cooperação, é importante enfatizar os resultados concretos já obtidos: o programa de simulação de tráfego e o laço indutivo. Ambos são resultados que podem ser usados para pesquisa e para fins práticos, contribuindo para a melhoria do transporte urbano, se usados de forma adequada. Mais importante que a aplicação em si, é a geração de conhecimento, que no presente caso, tem ficado a mercê de empresas privadas e estrangeiras.

Agradecimentos

Ao Bruno Figueiredo Menezes pelo desenvolvimento do Simulador. Ao Eduardo Arnaud Câmara Ramos pelos estudos acerca dos sistemas de detecção de veículos. Ao Magno Lúcio de Araújo pela participação na equipe de desenvolvimento do primeiro protótipo do circuito do laço de indução. Participam da fase atual do projeto os alunos: Augusto César Silva Brighenti e Danilo Augusto Ferreira Dourado.

Endereço dos autores:

¹ Coordenador do PAD
Avenida do Contorno 842, sala 607
30-110-060- Belo Horizonte - MG
e-mail: helobarb@etg.ufmg.br

² Professor Orientador

³ Aluno bolsista