

ISSN 2117-5362

# vértice

T É C N I C A

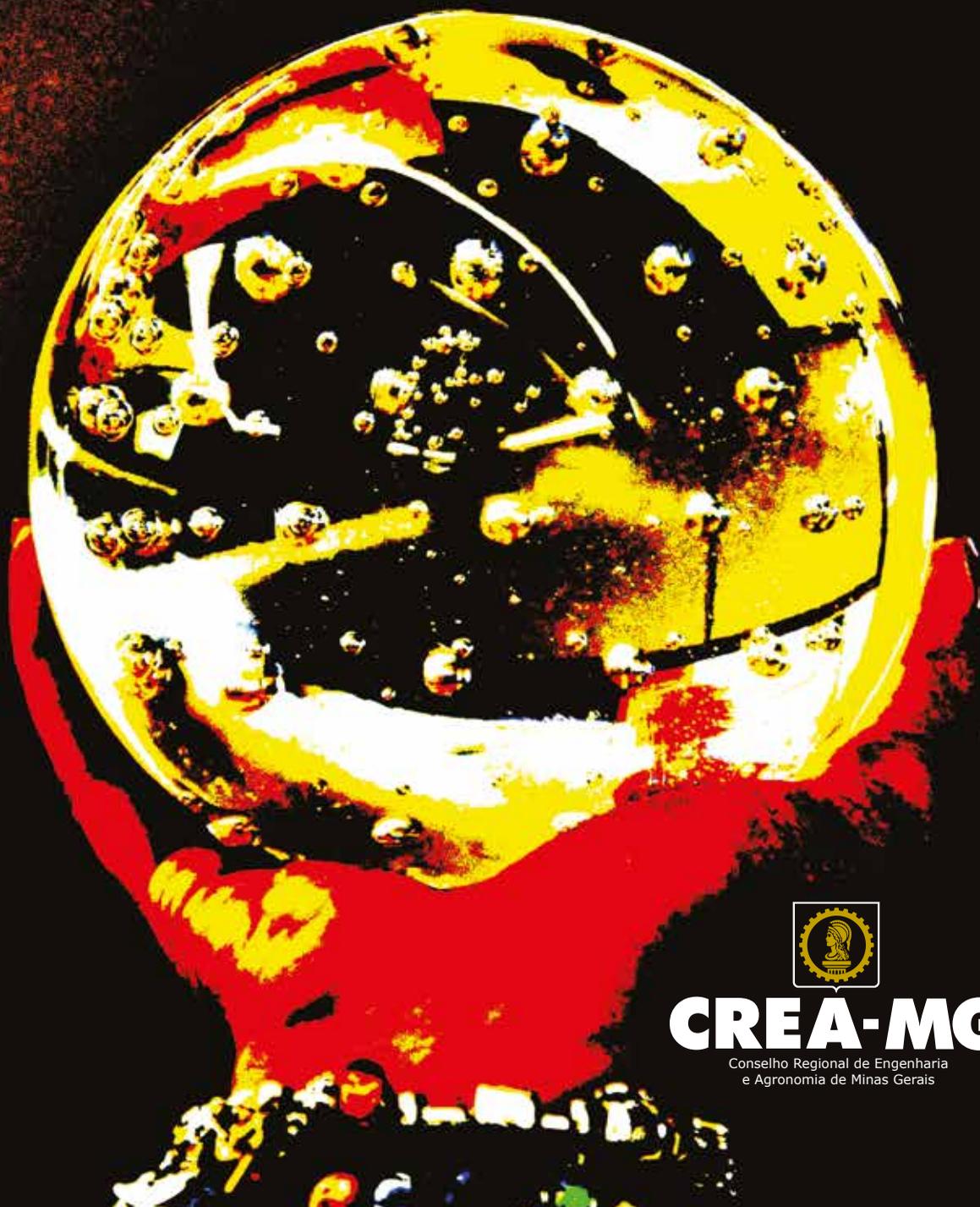
EDIÇÃO ESPECIAL / DEZ 2015

## Inovação

Parcerias impulsionam pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias

A melhor forma  
de prever o futuro é  
**inventá-lo.**

Alan Kay



**CREA-MG**

Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia de Minas Gerais

O investimento dispensado às atividades de pesquisa científica e inovação tecnológica diz muito da vocação de um país e qual direcionamento ele pretende seguir. No Brasil, a produção científica vem em um crescente nos últimos 20 anos, mas ainda é preciso aprimorá-la no que tange à qualidade dos trabalhos desenvolvidos. Caminhamos com passos tímidos rumo ao pleno desenvolvimento desse setor, ainda que o país invista mais de 1% do seu PIB em pesquisas. Por exemplo, a atividade de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) ainda não assumiu seu protagonismo no processo de inovação tecnológica dentro das empresas e instituições de ensino. É preciso unir esforços para estimular e divulgar ainda mais a produção científica no Brasil.

Atento a essa necessidade, o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (Crea-Minas) lança a Revista Vértice Técnica, que tem como principal intuito contribuir para a divulgação das pesquisas tecnológicas produzidas em Minas Gerais.

A publicação, que inicialmente terá periodicidade anual, surgiu como desdobramento da Feira de Ciências e Inovações Tecnológicas (Feicintec), realizada pelo Crea-Minas, para a divulgação dos trabalhos apresentados no evento. A Revista pretende ser uma referência nesse segmento, atuando como uma vitrine de pesquisas e projetos desenvolvidos no estado, democratizando, dessa forma, o conhecimento.

Nesta primeira edição, traremos os anais da Feicintec de 2014, com as publicações de uma matéria sobre o projeto vencedor e o registro dos projetos e protótipos premiados e classificados, que foram apresentados no evento. Teremos ainda a veiculação de artigos técnicos das mais diversas áreas de base tecnológica de autores convidados.

Esperamos, assim, reafirmar o compromisso do Crea-Minas com o desenvolvimento científico e tecnológico e proporcionar um ambiente favorável para a produção científica, reforçando a autoridade técnica da engenharia e valorizando as profissões da área tecnológica.

Boa leitura.



**Jobson Andrade**  
Presidente do Crea-Minas



# vértice

TÉCNICA

EDIÇÃO ESPECIAL / DEZ 2015

## Uma publicação do Conselho Regional de Engenharia

**e Agronomia de Minas Gerais** • Presidente: Engenheiro civil Jobson Andrade • **Diretoria 2015:** Vice-Presidente: Engenheiro civil Gilson de Carvalho Queiroz Filho • Diretor Administrativo e Financeiro: Engenheiro de minas, metalurgista e de segurança do trabalho Dennis de Oliveira Ayres • Diretor Técnico e de Fiscalização: Engenheiro civil e de segurança do trabalho Marcos Venicius Gervásio • Diretor de Atendimento e Acervo: Engenheiro agrônomo Gustavo Costa de Almeida • Diretor de Planejamento, Gestão e Tecnologia: Engenheiro mecânico José Caldeirani Filho • Diretor de Recursos Humanos: Engenheiro eletricitista Renato de Oliveira Medina • Diretor de Relações Institucionais: Engenheiro mecânico Josias Gomes Ribeiro Filho • **Colégio Estadual De Instituições de Ensino (CIE-MG):** Coordenador estadual: Engenheiro eletricitista Alessandro Fernandes Moreira (UFMG) • Coordenador estadual adjunto: Engenheiro de computação e técnico em eletrônica Haroldo de Moraes Lopes (FACIT) • **Coordenadores Regionais:** Engenheira civil Adriana de Oliveira Leite Coelho (UNIVALE) • Engenheiro eletricitista Alan Kardec Cândido dos Reis (UEMG/Ituiutaba) • Engenheiro mecânico Alex Nogueira Brasil (Universidade de Itaúna) • Engenheiro eletricitista André Diniz de Oliveira (IF Sudeste/Santos Dumont) • Engenheira civil Andrea de Freitas Avelar (UNIPAM) • Engenheiro civil Antônio Carlos Moreira da Costa Júnior (FIP/Moc) • Engenheiro eletricitista Attenister Tarcísio Rego (PUC-Minas) • Engenheiro civil Carlos Henrique de Souza Sarkis (FANAM) • Engenheiro eletricitista Carlos Juarez Velasco (UFJF) • Engenheiro eletricitista e de segurança do trabalho Daniel Azevedo Dorca (FINOM) • Engenheira civil Enid Brandão Carneiro Drumond (FUMEC) • Engenheiro civil Fabricio Moura Dias (UNIFEL/Itabira) • Engenheiro mecânico Francis José Saldanha Franco (Universidade de Itaúna) • Engenheiro eletricitista Giovanni Francisco Rabelo (UFPA) • Engenheira civil Ivana Prado de Vasconcelos (UFPA) • Engenheira civil Janaína Antonino Pinto (UNIFEI/Itabira) • Engenheiro agrônomo João Carlos Cardoso Galvão (UFV) • Engenheiro de produção Joaquim José da Cunha Júnior (UNI-BH) • Engenheiro agrícola José Aparecido de Oliveira Leite (UFVJM) • Técnico em eletrotécnica José Gomes da Silva (CEFET-MG) • Engenheiro civil Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo (UFTM/Uberaba) • Engenheiro de controle e automação Paulo Henrique Paulista (FEPI) • Engenheiro de produção Paulo Rotela Júnior (FEPI) • Engenheiro mecânico Renan Billa (UFU) • Engenheiro agrônomo Robson Thomaz Thuler (IFTM/Uberaba) • Engenheiro em eletrônica e de telecomunicações Rodrigo Almeida Soares (UNA) • Engenheira eletricitista Vera Lúcia Donizeti de Sousa Franco (UEMG/Ituiutaba) • Engenheiro agrícola Vico Mendes Pereira Lima (IFNMG/Almenara)

## CONSELHO EDITORIAL

Presidente do Crea-Minas: Engenheiro civil Jobson Andrade • Diretor de Relações Institucionais: Engenheiro mecânico Josias Gomes Ribeiro Filho • Coordenador do Fórum de Coordenadores das Câmaras Especializadas: Engenheiro agrimensor Tarcísio dos Reis Vieira • Coordenador Estadual do Colégio de Instituições de Ensino: Engenheiro eletricitista Alessandro Fernandes Moreira • Presidente do Crea-Minas Júnior: Maycon Juan de Souza

## COMITÊ TÉCNICO

Engenheiro civil Antônio Carlos Moreira da Costa Júnior (FIP/Moc) • Engenheira civil Andrea de Freitas Avelar (UNIPAM) • Engenheiro agrícola José Aparecido de Oliveira Leite (UFVJM) • Engenheiro agrônomo João Carlos Cardoso Galvão (UFV) • Engenheiro de produção Paulo Rotela Júnior (FEPI) • Engenheiro eletricitista Carlos Juarez Velasco (UFJF)

## ANAIS DA 2ª FEIRA DE CIÊNCIAS E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (FEICINTEC)

**Comissão avaliadora - 1ª etapa:** Engenheiro de telecomunicações Carlos Antônio Rufino • Engenheiro mecânico Rodrigo Cetano Costa • Téc. em Enfermagem e em Segurança do Trabalho Fabrício Santos Rita • Bacharel em Ciências Agrárias Claudiomir Silva Santos • Engenheiro eletricitista Marco Aurélio de Oliveira Schroeder • Engenheiro eletricitista Humberto Mendes Mazzini • Engenheira industrial mecânica Vânia Regina Velloso Silva • Engenheiro mecânico José Antônio da Silva • Engenheiro de computação Rodrigo Aparecido da Silva Braga • Engenheira civil Cátia de Paula Martins • Engenheiro eletricitista Rodrigo de Paula Rodrigues • Engenheiro eletricitista Carlos Henrique Valério de Moraes • Engenheiro eletricitista Carlos Alberto Murari Pinheiro • Engenheiro eletricitista Luiz Lenarth Gabriel Vermaas • Engenheiro eletricitista Robson Luiz Moreno • Engenheiro eletricitista Paulo Cesar Rosa • Engenheiro de computação Odilon de Oliveira Dutra • Engenheiro eletricitista Ênio Roberto Ribeiro • Engenheira hídrica Ana Paula Moni Silva • Bacharel e licenciado em Química Paulo Fernando Rodrigues Matrangolo • Engenheira de produção Gisele Figueiredo Braz • Engenheira civil Ivana Prado de Vasconcelos • Engenheiro agrônomo Watson Rogério de Azevedo • Engenheiro mecânico Josias Gomes Ribeiro Filho  
**Comissão avaliadora - 2ª etapa (presencial):** Engenheiro civil Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo • Engenheiro agrícola José Aparecido de Oliveira Leite • Engenheiro eletricitista Ênio Roberto Ribeiro • Engenheiro mecânico e de segurança do trabalho Antônio Lombardo • Engenheiro agrimensor Jairo Ferreira Fraga Barrioni • Cientista político e técnico em eletrônica Oswaldo Dehon Roque Reis

*Os resumos e sinopses dos trabalhos constantes nos anais da Feicintec foram encaminhados pelos autores e são de sua inteira responsabilidade.*

**REVISTA VÉRTICE CREA-MINAS | EDIÇÃO ESPECIAL TÉCNICA** • Superintendente e Relações Institucionais: Engenheiro metalurgista João Bosco Calais Filho • Gerente de Comunicação e Publicidade: Debi Sarmento • Endereço: Avenida Álvares Cabral, 1.600 - Santo Agostinho - Belo Horizonte - Minas Gerais • Telefone: (31) 3299-8700 • E-mail: revistavertice@crea-mg.org.br • Editor Técnico: Engenheiro civil Antônio Carlos Moreira da Costa Júnior • Jornalista Responsável: Debi Sarmento (MG-06801-JP) • Redação: Adriana von Krüger • José Wilson Barbosa • Leidiane Vinhal • Colaboração: Antônio Bosco • Carlos Oliveira • Kelly Barbosa • Luciano Bicalho • Sinésio Bastos • Vitor Maia • Projeto gráfico e diagramação: Mayor Comunicação • Tiragem: 10.000 • Impressão: Edigráfica

# SUMÁRIO

## 07 ENTREVISTA Alternativas para Inovar

Alessandro Fernandes Moreira

### COMUNICAÇÕES TÉCNICAS

**10** Simulação termofluidodinâmica do escoamento de gases de combustão em escapamento de veículos automotivos

**16** Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas para edificações: um estudo de caso

**23** A importância da compatibilização de projetos no gerenciamento de obras

**34** Projeto inova gestão de recursos hídricos

**41** Os Projetos Classificados

**46** Chamadas & Editais

**Projetos de Eficiência Energética são selecionados através de Chamada Pública**

**29 ESPECIAL**  
Revelando talentos

**33**  
Anais da 2º Feicintec

**35**  
Os 10 Projetos Premiados



*legal*

É **CONTRIBUIR**  
PARA O  
FORTALECIMENTO  
DO NOSSO  
SETOR

O Sinduscon-MG é a casa do construtor mineiro.

Nela, o associado encontra todas as facilidades e serviços necessários para o desenvolvimento e o crescimento da sua empresa.

*Juntos construímos  
mais e melhor.*

Associe-se ao Sinduscon-MG e agregue mais conhecimento, representatividade e competitividade à sua empresa.



## ALTERNATIVAS PARA INOVAR

Há quase duas décadas, com a (nem tão) nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB), de 1996, a flexibilização dos currículos e leis de renúncia fiscal tentam alavancar a inovação tecnológica no Brasil. Os desafios são muitos e devem ser enfrentados pelos setores público e privado. O Crea-Minas tem contribuído com esse processo. Em 2012 criou o Colégio Estadual de Instituições de Ensino (CIE-MG) para um efetivo diálogo com as escolas da área tecnológica. Nesta entrevista, Alessandro Fernandes Moreira, coordenador estadual do Colégio fala sobre a consolidação do CIE, leis de incentivo à inovação tecnológica e a relação entre universidades, mercado e Crea-Minas.



**Alessandro Fernandes Moreira** é diretor da Escola de Engenharia da UFMG. Graduado em engenharia elétrica pela UFMG em 1991, Alessandro tem mestrado pela UFMG e PhD pela University of Wisconsin-Madison. Atualmente se dedica a área de educação em Engenharia, com ênfase em inovação e empreendedorismo na formação dos novos engenheiros.

**Vértice Técnica:** Qual sua avaliação sobre o papel do CIE no diálogo entre o Conselho e a academia?

**Alessandro Fernandes Moreira:** A importância do Colégio é aproximar a universidade do Conselho Regional para que possamos discutir interesses em comum, como o perfil do profissional que colocamos no mercado. Existe sempre um embate muito grande entre as universidades, que formatam seus currículos, e os Creas, que regulamentam as profissões.

**Vértice Técnica:** Enquanto as universidades têm o desafio de implantar currículos compatíveis com as demandas atuais, o Sistema Confea/Crea precisa enfrentar um desafio semelhante no que diz respeito à regulamentação desses novos profissionais. Como você avalia a Resolução 1.010/2015 do Confea?

**Alessandro:** Esse é um debate para um ano. Acredito que tivemos um cisma na formação com a LDB e a flexibilização do ensino superior, permitindo o aparecimento de novas profissões. Há cursos de engenharia que se flexibilizaram e há cursos que não. O objetivo da Resolução 1.010 é exatamente acompanhar esse crescimento e regulamentar. Eu acredito que não daríamos conta de regulamentar toda e qualquer profissão, por isso não é possível criar um rótulo para elas. Acredito ser necessário repensar a Resolução 1.010. Ela tem o conteúdo perfeito, mas no momento em que tenta esta-

belecer critérios para determinar onde se encaixa cada título, ela agarra. Por isso, a gestão de Jobson [Andrade] deve ser elogiada porque vislumbra uma saída, que é aproximar a universidade do Conselho.

**Vértice Técnica:** E essa aproximação tem sido bem-sucedida?

**Alessandro:** Estamos no caminho. A universidade não sabe que ela deveria desempenhar um papel dentro dos Creas e muitos dos Conselhos desconhecem a importância da universidade. Já existem algumas coisas interessantes acontecendo. Nós traçamos um plano e temos alguns projetos em mente e outros em execução. Um deles inclusive é a própria Vértice Técnica.

**Vértice Técnica:** Qual a expectativa do Colégio em relação a essa revista?

**Alessandro:** É notável que os profissionais da engenharia, dentro ou fora das universidades, fazem muitas coisas interessantes e há pouca visibilidade. Temos um conjunto de professores que fazem projetos muito interessantes e, muitas vezes, não têm espaço porque há poucas revistas que tenham foco na divulgação tecnológica. A ideia da Revista é criar um canal para Minas Gerais, não apenas para os professores, mas para que todos profissionais de engenharia pos-

sam apresentar seus trabalhos. O Crea tem um alcance muito grande. A Revista Vértice é lida no estado inteiro e acredito que a nossa Revista vai ser também.

**Vértice Técnica:** Também voltada para a divulgação de novas tecnologias e criada com o intuito de estimular tanto a inovação quanto o empreendedorismo, a Feira de Ciências e Inovações Tecnológicas (Feicintec) chega a sua terceira edição. De que forma eventos desse tipo contribuem para a formação do futuro profissional?

**Alessandro:** Não se faz mais ensino superior sem a parte da inovação e do empreendedorismo. A Feira é um canal para melhorar a formação profissional porque a sala de aula continua sendo o espaço de transmissão de conhecimento técnico e não consegue abarcar tudo sozinha. A inovação vai aparecer a partir do momento em que se permite ao aluno criar. E o aluno só vai conseguir criar, mostrar toda a sua competência e habilidade se ele tiver liberdade. A inovação passa por esse princípio. Só é possível permitir ao aluno se encontrar nesse meio se houver alternativas de aprendizado. São as iniciações científicas, são os projetos acadêmicos, as equipes de competição, são as empresas juniores, os Creas Juniores, são os eventos. O Colégio, junto com o Crea, acerta na realização da Feicintec porque consolida mais um canal para que o aluno possa inovar e empreender.

**Vértice Técnica:** Quais são as alternativas, dentro e fora das universidades, para garantir a inovação tecnológica?

**Alessandro:** A saída para nós, da universidade, para melhorar a formação é inovar nos processos de aprendizagem e permitir que os alunos possam empreender. Muito se fala e pouco se faz. Tudo isso é um aprendizado para todos nós. Há 10 anos se falava que iria faltar engenheiros no Brasil. Hoje, formamos quase 60 mil por ano. Não é pouco. Desses, talvez 40% sejam aprovei-

tados pela pelas indústrias. E os outros não são empregados por serem pouco competentes ou pouco inovadores? Não, o problema é que as empresas também não inovam, não empreendem. Esse é um trabalho dos dois lados e exige um aprendizado muito grande.



## Lei do Bem

A Lei do Bem (Lei 11.196/2005) concede incentivos fiscais a empresas que investirem em P&D. Podem ser deduzidos até 34% no IRPJ e 50% do IPI, dentre outros incentivos. Nos sete primeiros anos de implantação, a Lei concedeu R\$10.262 bilhões em renúncia fiscal, viabilizou a implantação de 15 novos centros de P&D e mais de 20.000 novos produtos ou aprimoramentos.



## Lei da informática

A Lei de Informática (Leis 8.248/1991, 10.176/2001, 11.077/2004 e 13.023/2014) concede incentivos fiscais para empresas do setor de tecnologia (hardware e automação), que invistam em P&D. As reduções no IPI são graduais e variam de acordo com a região do país e tipo de produto. Em 2013, empresas com sede em Minas Gerais investiram R\$2,3 bilhões e receberam renúncia fiscal de R\$280 milhões.

**Vértice Técnica:** De toda forma, a parceria entre universidade e empresas precisa existir. Se não for para a universidade produzir as pesquisas encomendadas, precisa formar as pessoas que vão trabalhar nos centros de pesquisa das empresas. Qual é, do ponto de vista da universidade, o maior desafio para atingir esses objetivos?

**Alessandro:** Precisamos assumir que o ensino é realmente centrado no aluno. É muito mais fácil montar e executar uma grade curricular que existe há 30 anos do que flexibilizar o ensino e permitir outras atividades de aprendizado, que nos tira da zona de conforto. Não formamos máquinas, formamos pessoas que têm sentimentos, habilidades e competências. Temos que pensar em um engenheiro completo.

**Vértice Técnica:** Um dos argumentos para o baixo desempenho dos alunos é o fato de haver uma deficiência que o acompanha desde o ensino fundamental, aprofundando-se no ensino médio. Até que ponto esse argumento é válido?

**Alessandro:** Eu não considero que esse seja o problema central porque nós somos professores. O nosso papel é pegar um aluno que não sabe e ensinar. É muito fácil você pegar um aluno bom de serviço, ele vai dar pouco trabalho. O importante é pegar um aluno que chega com muita vontade de aprender e ensiná-lo. Precisamos entender esse novo contexto. Precisamos desenvolver metodologias que permitam

que nosso aluno aprenda a aprender para realmente empoderar aquela pessoa e, quando ela sair daqui da universidade, ela possa ser um agente transformador da sociedade naquilo que ela sabe fazer de melhor.

**Vértice Técnica:** Existe algum modelo mais apropriado de se fazer inovação, seria por meio de parcerias entre iniciativa privada e universidades ou ter departamentos de P&D nas próprias empresas?

**Alessandro:** É preciso se aproximar das empresas, promover convênios e parcerias e desenvolver as pesquisas encomendadas. As grandes universidades já fazem isso, não apenas com o setor privado, mas também com o setor público. Também acho que as empresas precisam se desenvolver em P&D. As nossas empresas compravam tecnologia e ainda são poucas as que fazem esse tipo de investimento. Comprávamos o fim do processo tecnológico, ou seja, éramos uma espécie de engenheiro-montador. Adquiríamos uma tecnologia, aprendíamos um processo fora, voltávamos e montávamos aqui.

**Vértice Técnica:** Essa realidade persiste?

**Alessandro:** Hoje é possível encontrar empresas aqui que fazem esse investimento. Mas, precisamos de mais! E só vamos mudar esse panorama aproximando a universidade das empresas.

**Vértice Técnica:** E qual o papel do setor público nisso?

**Alessandro:** Existe uma visão dentro desse processo de inovação e empreendedorismo que se chama a tríplice hélice, na qual você tem o poder público, que precisa investir tanto no setor produtivo quanto nas universidades; as universidades que precisam desenvolver modelos de pesquisa e desenvolvimento e as empresas que vão executar os produtos.

**Vértice Técnica:** Há uma corrente de pensamento que defende que as universidades públicas devam produzir pesquisa de base e o setor privado deveria se ocupar de pesquisas aplicadas. Faz sentido essa divisão?

**Alessandro:** Naturalmente as empresas querem um resultado de curto prazo, já os órgãos de fomento como Fapemig e CNPq têm outros interesses e vão investir em pesquisas de longo prazo. No passado, as empresas não investiam em tecnologia e os recursos que as universidades tinham para fazer pesquisa eram os do governo. Então, os projetos das universidades eram essencialmente pesquisas de base. Hoje

as coisas mudaram e são comuns as parcerias entre universidades e empresas. As universidades continuam produzindo pesquisas de base, que é aquela vinculada à produção científica, que não está presa a resultados imediatos, mas também temos modelos que vem exatamente para obter resultados. Tem empresas que chegam e demandam um produto já com as especificações dos resultados. Há várias situações em que a gente trabalha com objetivos traçados e não é só para empresas privadas, fazemos isso para empresas públicas também.

**Vértice Técnica:** E nos últimos 10 anos, esse tipo de parceria tem aumentado?

**Alessandro:** Sim, tem aumentado cada vez mais. Um dos motivos é que o dinheiro das universidades é finito. Quando uma empresa nos procura para desenvolvermos um novo processo a universidade ganha e a empresa também.

**Vértice Técnica:** O Brasil tem algumas leis que garantem benefícios fiscais a empresas que investem em desenvolvimento de pesquisas e tecnologia, como a Lei do Bem e a Lei da Informática. Essas leis, em sua avaliação, explicam o crescimento da demanda por pesquisa pelas empresas?

**Alessandro:** Sou totalmente a favor de leis que incentivem as empresas a investirem em pesquisa e desenvolvimento. A carga tributária brasileira é muito pesada e mudar isso não é fácil. Conceder benefícios fiscais para empresas que investem em P&D ajuda a alavancar o investimento na área. Eu vejo

com bons olhos e garanto que todos saímos ganhando. Esse pode ser um fator de crescimento da demanda do setor privado, mas o processo de capacitação das universidades explica melhor esse crescimento. O panorama mudou. O potencial das universidades cresceu muito e elas estão mais preparadas para esse tipo de parceria. Além disso, temos que prestar atenção nas startups, que são empresas de base tecnológica que estão começando no mercado. O CIE está pensando em como fazer crescer esse ecossistema. Se tivermos competência, isso vai fechar um ciclo. Um aluno que está aqui e quer empreender, vai empreender onde? Já temos o modelo de incubadoras consolidado, agora precisamos apostar no modelo de startups.



### Incubadoras e Startups

As Incubadoras são empresas que apoiam empreendimentos tendo em vista demandas prévias, que podem partir do governo ou das características regionais. Já as Aceleradoras apoiam pequenas empresas que tenham potencial de crescimento rápido, como as startups - que são empresas de base tecnológica com grande potencial de lucro, mas que ainda estão à procura de um modelo de negócios repetível e escalável.

# SIMULAÇÃO TERMOFLUIDODINÂMICA DO ESCOAMENTO DE GASES DE COMBUSTÃO EM ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS AUTOMOTIVOS

Malu Braga Leal · [maleal2010@hotmail.com](mailto:maleal2010@hotmail.com)

Ana Carolina Souza · [acs5050@hotmail.com](mailto:acs5050@hotmail.com)

Ruben Miranda Carrillo · [rubenmirandacarrillo@gmail.com](mailto:rubenmirandacarrillo@gmail.com)

Rogério Fernandes Brito · [rogerio6497@gmail.com](mailto:rogerio6497@gmail.com)

José Carlos de Lacerda · [jlacerda.cem@gmail.com](mailto:jlacerda.cem@gmail.com)

Leonardo Lucio de Araújo Gouveia · [gouveialeo@yahoo.com.br](mailto:gouveialeo@yahoo.com.br)

Leonardo Neves · [leonardoneves@deii.cefetmg.br](mailto:leonardoneves@deii.cefetmg.br)

Ricardo Luiz Perez Teixeira · [ricardo.luiz@unifei.edu.br](mailto:ricardo.luiz@unifei.edu.br)

**Resumo:** Este trabalho propõe o mapeamento computacional termofluidodinâmico do gás de combustão no escapamento de um automóvel para o controle e monitoramento da corrosão. O programa computacional para o proposto utiliza o modelo de volumes finitos com o mapeamento obtido após simulação no pacote *Ansys CFX*. A utilização do mapa termofluidodinâmico do escapamento pelo programa *Ansys* possibilita um maior controle das condições de corrosão catalisada pela alta temperatura localizada no escapamento de um automóvel e, também, fomenta a seleção de materiais mais adequados para a sua produção e funcionamento por projetistas e engenheiros.

**Palavras-chaves:** Escapamento de automóvel. Gás de combustão. Análise por volumes finitos.

## 1. INTRODUÇÃO

O escapamento, por se tratar de uma peça complexa por onde escoam gases de combustão aquecidos, possui áreas sujeitas às mais diversas influências corrosivas como: ambiente externo, altas temperaturas, resíduos de saída e muitas outras interferências que podem levar às ações químicas erosivas do material metálico, ou seja, a corrosão e a danos ou a perda funcional ou estrutural da peça (Samusawa e Shiotani, 2015; Ambrozini *et al.*, 2009).

O modelamento e a simulação computacional termofluidodinâmica dos gases de combustão no escapamento permite um melhor estudo e controle da ação corrosiva no escapamento, estendendo o tempo de vida de seu uso no automóvel. O controle da corrosão por sensores óticos em rede nos pontos de maior gradiente térmico visa monitorar as regiões de maior efeito térmico catalítico de corrosão (mais sujeitas à corrosão ou a danos à peça) em contato com os gases de combustão. Os sensores óticos em rede podem levar feixes luminosos por grandes extensões, sem perda de informação, o que irá facilitar o recolhimento de informação em todo o escapamento, facilitando assim o reconhecimento de todas as áreas (Jin *et al.*, 2014; Peng *et al.*, 2014;

Raju *et al.*, 2014). Logo, esse sistema nos permitirá encontrar os pontos de maior corrosão e fazer um controle deste processo e uma melhora do tempo de vida útil do escapamento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

No modelamento para o escoamento de gases de combustão em escapamento de automóvel foi utilizado o modelo do escapamento do veículo Volkswagen modelo Gol Gt geração 4 (Gol Gt) disponível na Universidade Federal de Itajubá - *Campus Itabira*. O modelo Gol Gt foi escolhido pela sua grande relevância no quadro produtivo automobilístico brasileiro (Samanez *et al.*, 2014). Após a escolha do tipo e do modelo de escapamento, fez-se as medições das dimensões espaciais diretamente no escapamento do Gol Gt, sendo utilizado para a sua realização uma trena e um paquímetro de precisão. A partir das medidas obtidas diretamente do escapamento do Gol Gt, fez-se o desenho do escapamento em CAD utilizando o programa *SolidWorksTM*. O desenho do escapamento no CAD foi, então, formatado na extensão do *ParaSolid* para o uso no pacote de modelamento computacional CFD do programa *Ansys*.

As condições iniciais de temperatura e vazão

foram obtidas por termômetro e anemômetro digitais de acordo com algumas rotações típicas de funcionamento de automóvel em rotação predefinidas em 1000 RPM (rotação em ponto morto), 2000 RPM (rotação em trânsito com baixo esforço de aceleração), 3000 RPM (rotação em trânsito com esforço normal de aceleração) e 4000 RPM (rotação em trânsito com sobre-esforço de aceleração). O instrumento empregado na medição da temperatura foi o Termômetro Infravermelho Digital Portátil, da Instrutherm, Modelo TI-920, com uma resolução de 0,1 °C, escala de -50 °C a 1600 °C e

uma precisão de ± 1,5% da escala da leitura, sendo o valor de cerca de ± 2 °C. A emissividade térmica usada no termômetro foi a indicada de 0,95, típica para aços. O instrumento empregado na medição da velocidade de vazão dos gases de exaustão foi o termoanemômetro Digital Portátil, da Instrutherm, Modelo TAD-800, que possui uma resolução de 0,01 numa escala de 0,60 m/s a 30,00 m/s e erro de ± 3% da escala, sendo o valor de cerca de ± 0,20 m/s. Antes da simulação no pacote CFD, a velocidade real de gás de combustão na exaustão do automóvel sob pressão foi avaliada, quanto à confiabilidade dos valores obtidos pelo anemômetro, por análises comparativas dos valores médios pela análise da variância e teste de

Tukey. Para comparação dos resultados e análise da confiança, comparou-se a velocidade real de fluido combustão obtida em um pitômetro (ISO 3966, 2008; Asme MFC-12m, 2006) com o do anemômetro supracitado. Pela análise de variância e de Tukey para as velocidades reais obtidas pelo pitômetro e pelo anemômetro, a uma confiança de 99,9% e 95% respectivamente, tem-se que a velocidade real do anemômetro e a velocidade real do pitômetro apresentam o mesmo valor médio e erro ou desvio padrão, o que confirma os valores de velocidade real obtidos e empregados para o mapeamento termo

fluidodinâmico para o escapamento do automóvel

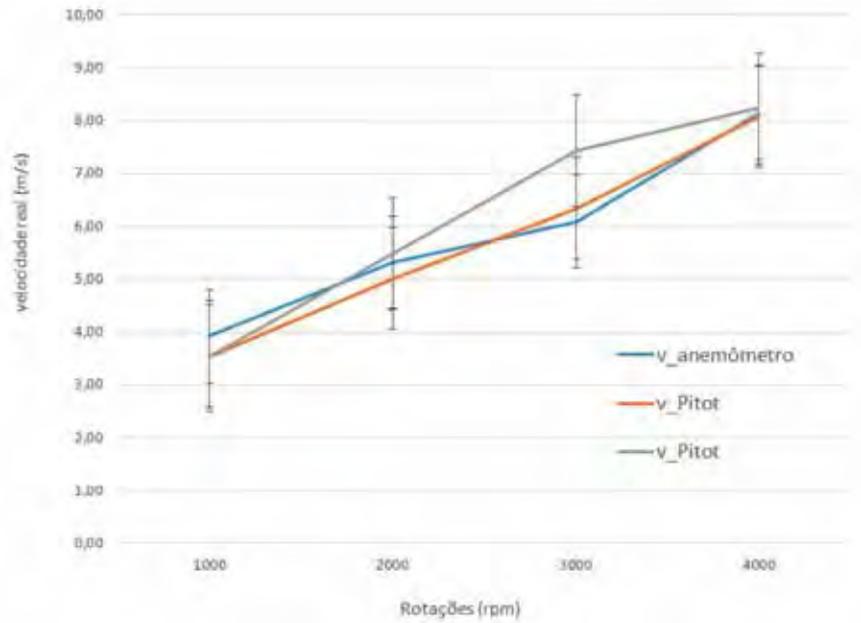


Figura 1: Velocidades reais obtidas pelo tubo de Pitot e pelo anemômetro para a mesma região de perfil de velocidade.

nas diversas rotações, 1000 RPM, 2000 RPM, 3000 RPM e 4000 RPM (Figura 1).

No modelamento termodinâmico empregado, considerou-se que a transferência de calor para o sistema do escapamento investigada será com base na temperatura, no comportamento da velocidade e do número de Nusselt local ao longo de toda superfície. Uma equação simples que descreve a temperatura de transferência de calor no escapamento pode ser escrita como:

$$\left(\rho \times C_p\right)_{eq} \times \frac{\partial T}{\partial t} + \rho \times C_{pL} \times u \times \nabla T = \nabla(k_{eq} \times \nabla T) + Q \quad (1)$$

Os elementos da equação são:  $\rho \times L$  (kg/m<sup>3</sup>) é a densidade do fluido, a  $C_{pL}$  (J / (kg x K)) trata-se da capacidade de calor do fluido,  $(\rho \times C_p)_{eq}$  (J / (m<sup>3</sup> x K)) é a capacidade de calor volumétrico equivalente e  $k_{eq}$  (W / (m x K)) é a condutividade térmica equivalente. O  $u$  (m / s) é o campo de velocidade de fluido, que de acordo com o modelo utilizado do estudo "NOx Reduction in a Monolithic Reactor" é calculado em relação a Lei de Darcy.

Dados termodinâmicos são necessários como entrada para equações de balanço de energia. As equações utilizadas são:

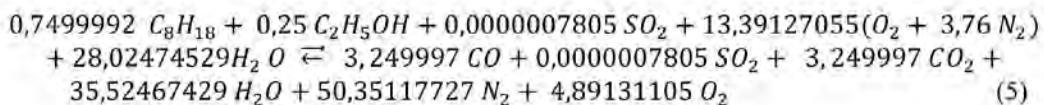
$$C_{p,i} = R_g \times \left( a_1 + a_2 \times T + a_3 \times T^2 + a_4 \times T^3 + a_5 \times T^4 \right) \quad (2)$$

$$h_i = R_g \times \left( a_1 \times T + \frac{a_2}{2} \times T^2 + \frac{a_3}{3} \times T^3 + \frac{a_4}{4} \times T^4 + \frac{a_5}{5} \times T^5 + a_6 \right) \quad (3)$$

$$s_i = R_g \left( a_1 \times \ln T + a_2 \times T + \frac{a_3}{3} \times T^2 + \frac{a_4}{3} \times T^3 + \frac{a_5}{4} \times T^4 + a_7 \right) \quad (4)$$

Na Eq. 2,  $C_{p,i}$  presente denota a capacidade térmica (J / (mol x K)), o T é a temperatura (K), e trata-se  $R_g$  da constante dos gases perfeitos, que possui o valor de 8,314 (J / (mol x K)). O  $h_i$  presente na segunda equação é a entalpia molar da espécie (J/mol), e  $s_i$  representa a entropia molar (J / (mol x K)). Os coeficientes  $a_1$  a  $a_5$  presentes em todas as equações referem-se à capacidade de calor espécies, no entanto os coeficientes  $a_6$  e  $a_7$  estão associados a entalpias de formação e ao coeficiente de entropia de formação para o cristal perfeito de um espécime gasoso (em 0 K), respectivamente. Neste trabalho foi utilizado o método de volumes finitos e sistemas computacionais como dinâmica dos fluidos computacional (CFD) para a solução das equações de transferência de calor e estado do fluido.

Quanto ao fluido combustível que gera o gás de combustão, selecionou-se a gasolina comum, tipo C, usualmente utilizada para automóveis. Para a gasolina C, os teores máximos de etanol e enxofre são estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ANP n° 40, de 25.10.2013, onde são estabelecidas as especificações para a comercialização de gasolina automotiva e sua qualidade, especificando teor máximo de 50 mg/kg de enxofre. Contudo, o teor máximo de etanol anidro combustível foi estipulado pela legislação vigente, desde 1° de maio de 2013, sendo de 25%, conforme Portaria n° 105 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e Resolução n° 1, de 28 de fevereiro de 2013 do Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (Cima). Para a combustão da gasolina C no motor, segue a equação da combustão:



Pela Eq. 5, obteve-se, então as porcentagens moleculares de cada elemento no gás após a combustão. Com as proporções de cada gás e as condições reais de temperatura no escapamento, estimou-se as propriedades de estado de cada componente do gás de combustão, necessárias para a simulação computacional *Ansys CFX*, pelo programa *Nist RefProp*. Com a escolha do tipo e modelo de escapamento e as condições de fronteira retiradas diretamente do veículo em funcionamento, fez-se a simulação computacional para avaliar a convergência termofluidodinâmica do modelo *Ansys* pacote *CFX* empregado, com as condições reais de contorno do veículo Gol Gt. O resultado obtido é um mapa termo fluidodinâmico do escapamento indicando as regiões de maior gradiente térmico durante o funcionamento do veículo (a rotações de motor de 1000 RPM, 2000 RPM, 3000 RPM e 4000 RPM, que são as rotações mais comuns utilizadas

em veículos automotivos) e onde se colocará os sensores óticos em rede para o controle mais efetivo da corrosão dos gases de combustão catalisada pela temperatura. Os dados experimentais demonstram a convergência do CFX para o esquema UDS (*Upwind Difference Scheme*), para as equações do tipo Navier-Stokes para fluido incompressível, e uma quantificação de erros associados com a compressibilidade e os efeitos de discretização de uma tolerância relativa de convergência de  $10^{-4}$ .

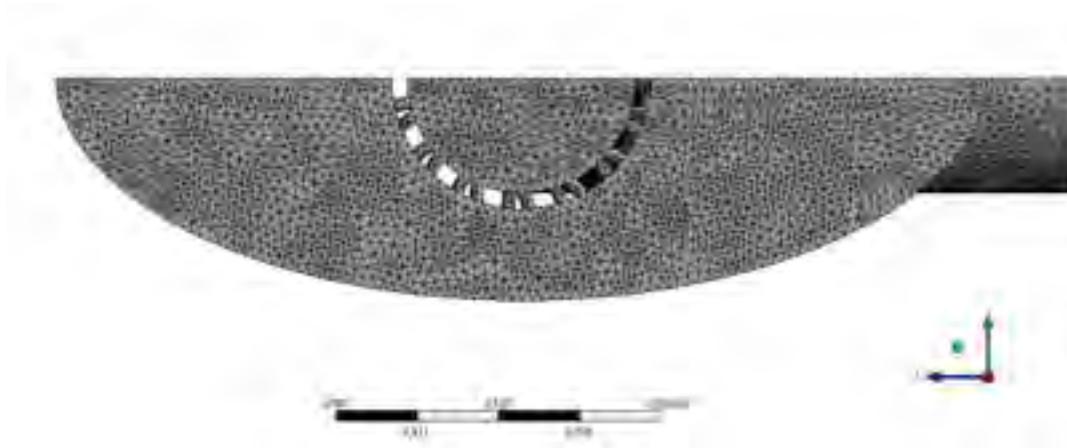
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a escolha do tipo de fluido, o modelo de escapamento automotivo e das condições de contorno obtidas diretamente no veículo, velocidades reais do gás de combustão na Tabela 1, realizou-se a simulação termo fluidodinâmica computacional pelo pacote *Ansys CFX* para uma tolerância relativa de convergência de  $10^{-4}$ .

**Tabela 1:** Velocidade e vazão de gás de combustão na saída do escapamento.

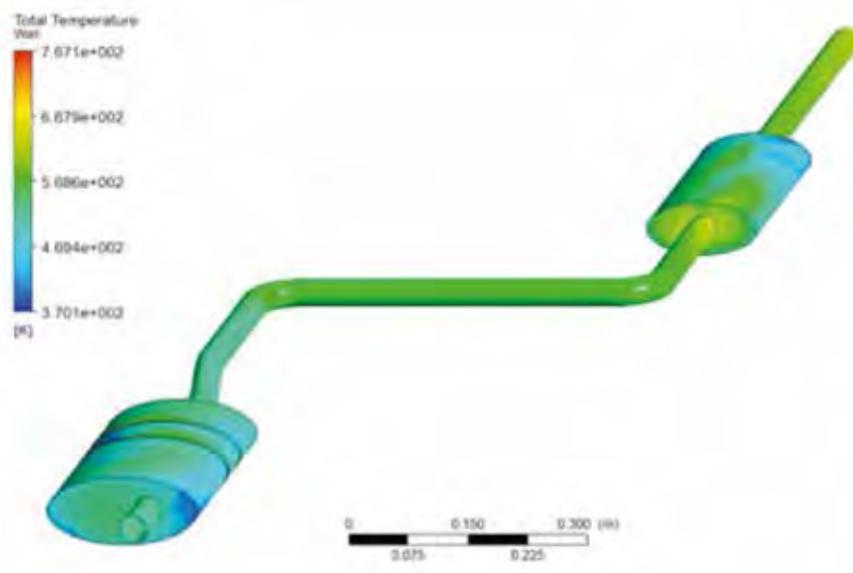
Rotação do motor (RPM)	1000	2000	3000	4000
Vazão mássica (kg/s)	0,396	0,537	0,615	0,822
Velocidade Real (m/s)	3,92	5,31	6,09	8,14

Na figura 2, tem-se um corte do desenho do escapamento com a malha do modelamento por volumes finitos. A malha utilizada para o modelo de volume finitos foi o da malha tetraédrica com o tamanho dos elementos de 0,1 mm, sendo ela composta por 11.160.034 nós e 703.269 elementos.



**Figura 2:** Escapamento em corte com a malha (Leal et al., 2015).

Escolhida a melhor malha, fez-se a simulação das passagens dos gases pelo escapamento pelo Ansys CFX, o que permitiu o mapeamento térmico nas condições de escoamento de gás de combustão no escapamento do automóvel Gol Gt e a visualização do gradiente de temperatura do mesmo (Figura 3).



**Figura 3:** Gradiente de temperatura no escapamento (Leal et al., 2015).

Os pontos críticos propostos para a colocação dos sensores óticos em rede para controle e monitoramento da corrosão pelos gases de combustão são os seguintes (Figura 4):

Primeiramente, os pontos de sensores 1, 2 e 3 no tubo de entrada foram dispostos desta maneira, pois o fluido após ao fim da combustão entra no tubo de escapamento com alta temperatura, logo o monitoramento deve ser mais efetivo nesta parte.

Nas entradas do abafador e silenciador, sendo os pontos onde ocorre alta temperatura devido à colisão do fluido nas paredes, pontos 4 e 14.

Nas saídas do abafador e silenciador, pontos 6, 7 e 17, pois ocorre um aumento de temperatura devido a diminuição de área, o que leva a um aumento de velocidade do fluido, com isso a colisão das partículas do fluido com as paredes.

Nos pontos 5 e 8, foram colocado sensores, para o controle dentro da tubulação para controle contínuo e para controle dos pontos internos.

Nas curvaturas foram também colocados devido à mudança de direção dos fluidos e o encontro do fluido em alta velocidade com a parede da tubulação, como por exemplos os pontos 9, 10, 11, 12 e 13. A utilização dos sensores óticos de corrosão nos pontos anteriormente amostrados em mapa pela figura 4, possibilita à indústria automobilística ferramental adequado para a melhoria das condições e materiais empregados no funcionamento do automóvel Gol Gt (e que pode ser generalizado, de acordo com cada tipo de escapamento de automóvel) para a produção de veículos de melhor conformidade frente à legislação brasileira e de maior qualidade de materiais para a exaustão dos gases de combustão oriundos do motor pelo escapamento, ou de menor custo de reposição com o uso.

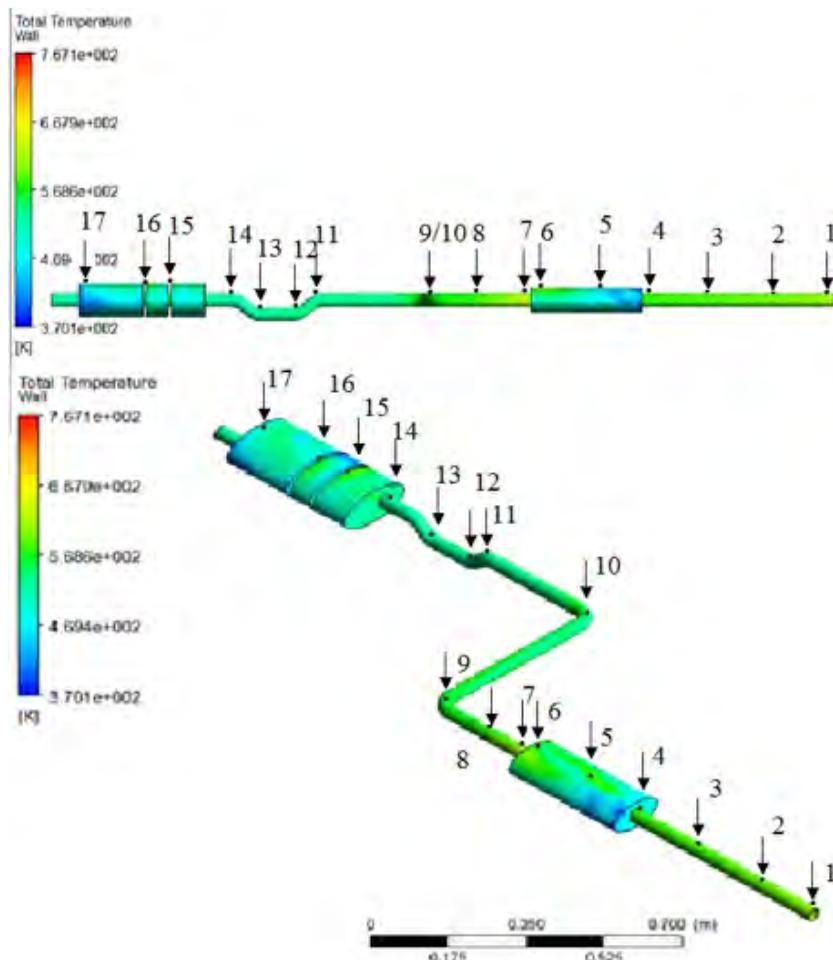


Figura 4: Pontos de colocação dos sensores no escapamento. (Leal et al., 2015)

O estudo de escapamento já com os sensores de corrosão implantados, consistindo na validação da aplicação das simulações em escala reduzida, não é apresentado neste trabalho.

#### 4. CONCLUSÃO

O mapeamento termo fluidodinâmico computacional proposto para o escapamento do automóvel Gol Gt foi obtido e está em condições de indicar a melhor disposição para uso de sensores óticos de corrosão para controlar e monitorar a corrosão diretamente em escapamentos de carros. O modelo tem um embasamento termo fluidodinâmico, sendo o mapeamento obtido pelo programa de análise de volumes finitos *Ansys CFX*. O impacto do uso do mapeamento na indústria automobilística é que ele possibilitará a produção de escapamentos, obrigatórios pela legislação brasileira no veículo automotor, com melhor qualidade e maior tempo de vida, ou de menor custo de reposição.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Itajubá e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio a esta pesquisa de nossos alunos de graduação e pós-graduação. Somos gratos pelo apoio da Universidade Federal de Pernambuco, pelos seus professores Joaquim Martins Filho e Jehan F. Nascimento, ao CEFET-MG pelo professor Leonardo Neves. Nós também agradecemos ao grupo de pesquisa GPESE da UNIFEI, especialmente aos professores Valdir Tesche Signoretti, José Carlos de Lacerda, Paulo Mohallem Guimarães e Clodualdo Venício de Sousa.

#### 6. REFERÊNCIAS

Ambrozin, A. R. P., Kuri, S. E., Monteiro, M. R., 2009. "Metallic corrosion associated with the use of mineral fuels and biofuels". *Quim Nova*, Vol. 32, no. 7, p. 1910-1916.

ANP Resolution # 40, 2013. National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels. May 2015 < [http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2013/outubro/ranp%2040%20-%202013.xml](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/outubro/ranp%2040%20-%202013.xml)>.

ASME MFC-12M, 2006. "Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits Using Multiport Averaging Pitot Primary Elements".

ISO 3966, 2008. "Measurement of fluid flow in closed conduits -- Velocity area method using Pitot static tubes".

Jin, W., James, P., Smyrl, W. H., 2014. Corrosion Sensors I: Corrosion Sensing via Reflectivity Monitoring of Fiber Optic Micromirrors. *Journal of the Electrochemical Society*, Vol. 161(4), p. C223-C230.

Leal, M. B., Carrilo, R. M., Brito, R. F., Lacerda, J. C., Teixeira, Ricardo L. P., 2015. "Modelagem e mapeamento termo-fluidodinâmico para o monitoramento e controle da corrosão em escapamentos automotivos por sensores óticos em rede". In: *ABM Week, 70º Congresso Anual ABM, 15º ENEMET, Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2015, Rio de Janeiro. Anais ABM Week 2015. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, Vol.1, p. 1-8.*

Peng, G., He, J., Yang, S., Zhou, W., 2014. "Application of the fiber-optic distributed temperature sensing for monitoring the liquid level of producing oil wells". *Measurement*, Vol. 58, p. 130-137.

Raju, M. E., Canthadai, B. V., Ravi, K., Pachava, V., and Sengupta, D., 2014. "Study of surface roughness of corroded metals using plastic optical fiber sensor". In: *SPIE Optical Engineering+ Applications. International Society for Optics and Photonics. p. 920509-920509.*

Samanez, C. P., Ferreira, L. R., Birth, C.C., 2014. "Valuation of the switch input option embedded in the Brazilian flex car: a study of the geographical region using the real options approach and stochastic simulation". *Production*, Vol. 24, no. 3, p. 628-643.

Samusawa, I. and Shiotani, K., 2015. "Influence and role of ethanol minor constituents of fuel grade ethanol on corrosion behavior of carbon steel". *Corrosion Science*, Vol.90, p. 266-275.

# SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA EDIFICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO

Lucas Moreira de Lacerda • [lucasmoreira115k@gmail.com](mailto:lucasmoreira115k@gmail.com)

Mellyssa Soares de Souza • [mellyssa95@gmail.com](mailto:mellyssa95@gmail.com)

Manuel Camela Rafael • [manuelcamela@gmail.com](mailto:manuelcamela@gmail.com)

**Resumo:** Descarga atmosférica é um fenômeno comum na natureza. Tal descarga é um fenômeno imprevisível e aleatório, tanto em sua intensidade e duração quanto em seus efeitos destruidores. Sabendo-se disso, cabe à engenharia apresentar medida de proteção. Tal medida de proteção recebe o nome de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), e seu projeto, instalação e manutenção são regidos pela NBR 5419. O mau dimensionamento de um SPDA pode ter diversas consequências, como por exemplo o rompimento do condutor ao receber uma descarga elétrica, apresentando riscos à edificação e aos seres vivos. Este trabalho explica como a descarga atmosférica é formada na natureza, como calcular os locais que probabilisticamente estão sujeitos a maior ocorrência, dentre outras fundamentações teóricas. Realizou-se ainda um estudo de caso, apresentando um projeto de SPDA para uma igreja situada na cidade de Itabira/MG, demonstrando a grande importância de projetá-lo corretamente, e algumas das técnicas de projetos para SPDA existentes.

**Palavras-chaves:** Descarga atmosférica. SPDA. Projeto. Edificações.

## 1. INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas apresentam natureza aleatória, o que dificulta sua análise. Os efeitos de um raio atingindo uma edificação sem proteção adequada podem ser catastróficos, podendo até ser fatal a uma vítima que receba essa descarga em um ambiente não protegido (VISACRO FILHO, 2005).

Mamede Filho (2012) afirma que grande parte dos danos podem ser evitados caso as edificações estejam protegidas adequadamente por um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

No Brasil, a obrigatoriedade da instalação de um SPDA é dada por meio de leis municipais. Apesar disso, ela também consta na NR 10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, para instalações com potência superior a 75 kW (STÉFANI, 2011).

Através de referencial teórico e estudo de caso, este trabalho buscou reunir conceitos sobre descargas atmosféricas, formas de proteger-se deste fenômeno, metodologia de construção de um SPDA, além de um projeto do mesmo.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Formação das descargas atmosféricas

Descargas atmosféricas são descargas elétricas de grande intensidade, que ocorrem devido ao acú-

mulo de cargas elétricas em regiões localizadas da atmosfera, em geral dentro de tempestades. A descarga inicia quando o campo elétrico produzido por estas cargas excede a capacidade isolante do ar em um dado local na atmosfera, que pode ser dentro da nuvem ou próximo ao solo. Quebrada a rigidez dielétrica, tem início um rápido movimento de elétrons de uma região de cargas negativas para uma região de cargas positivas (VISACRO FILHO, 2005).

### 2.2 Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

Segundo a NBR 5419, SPDA é um sistema completo destinado a proteger uma estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas. É composto de um sistema externo e um sistema interno de proteção.

- Sistema externo: Consiste em subsistema de captores, subsistema de condutores de descida e subsistema de aterramento.
- Sistema interno: Conjunto de dispositivos que reduzem os efeitos elétricos e magnéticos da corrente de descarga atmosférica dentro do volume a proteger.

## 3 CONTEÚDO

O projeto de um SPDA envolve várias etapas, as quais devem estar de acordo com a NBR 5419. A Figura 1 representa um fluxograma criado a fim de ilustrar cada passo fundamental para o projeto:

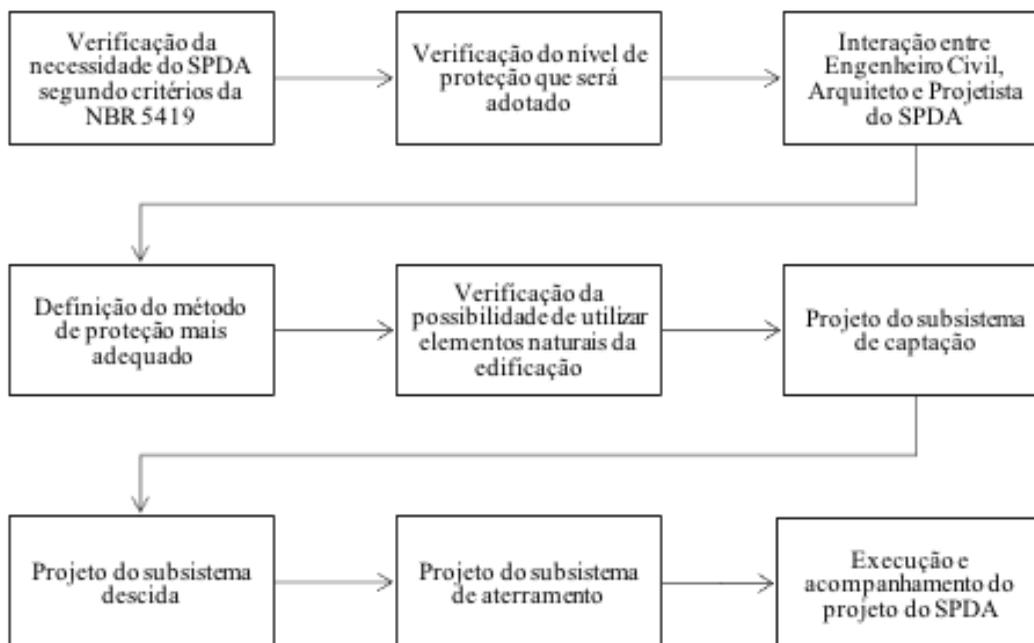


Figura 1: Fluxograma de etapas para projetar um SPDA. • Fonte: Os autores.

### 3.1 Verificação da necessidade do SPDA

A verificação da necessidade de um SPDA para a estrutura se dá por um cálculo descrito na NBR 5419. Este cálculo leva em consideração alguns fatores como:

- Densidade de descargas atmosféricas para a terra;
- Número de dias de trovoadas por ano para a área em questão;
- Área de exposição equivalente da edificação;
- O tipo de ocupação da estrutura;
- A natureza de sua construção;
- O valor de seu conteúdo, ou os efeitos indiretos;
- A localização da estrutura.

### 3.2 Classificação da estrutura quanto ao nível de proteção

O quadro 1 foi retirado da NBR 5419, e classifica as estruturas quanto ao nível de proteção indicado:

Classificação da Estrutura	Tipo da Estrutura	Efeitos das Descargas Atmosféricas	Nível de Proteção
Estruturas comuns	Residência	Perfuração da isolamento de instalações elétricas, incêndio e danos materiais. Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Riscos direto de incêndio e tensões de passo perigosas. Riscos indiretos devido à interrupção de energia e risco de morte para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento e outros	III ou IV
	Teatros, escolas, lojas, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (iluminação) e possibilidade de pânico. Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias comerciais e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de dados e comunicações	II
	Hospitais, casas de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível	II
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação, usinas elétricas	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo. Risco indireto para as imediações devido a incêndios e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para seus arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos ou munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios químicos	Riscos de incêndio e falhas de operação, com consequências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

Quadro 1: Classificação de estruturas. • Fonte: NBR 5419 (2005).

De acordo com Mamede Filho (2012), o nível de proteção de um SPDA está ligado à eficiência desse sistema, sendo assim:

- Nível I: Nível de proteção mais rigoroso e seguro.
- Nível II: Edificação com bens de valor ou que abriga um grande número de pessoas.
- Nível III: Edificação de uso comum.
- Nível IV: Nível de proteção mais baixo.

### 3.3 Definição do método de proteção mais adequado

#### 3.3.1 Método de Franklin

O método de Franklin baseia-se no princípio de que uma descarga piloto descendente pode ser interceptada por uma descarga ascendente iniciada a partir de um dos captos do sistema de proteção. Estes captos são constituídos por corpos metálicos longos e elevados posicionados nas partes altas da estrutura, de forma a blindar todos os pontos da edificação. Os captos são conectados a condutores que, em caso de incidência, distribuem a corrente pelos cabos de descida, os quais direcionam a corrente de descarga para os eletrodos de aterramento do sistema (VISACRO FILHO, 2005).

#### 3.3.2 Método de Faraday

Em seus experimentos Faraday descobriu que, ao envolver um volume por uma gaiola metálica, este ficava blindado dos efeitos de campos eletromagnéticos (STÉFANI, 2011).

O método consiste em envolver a parte superior da edificação com uma malha captora de condutores elétricos nus, cuja distância entre eles é em função do nível de proteção desejado. Aterrando a Gaiola de Faraday observa-se que qualquer descarga ascendente induzida por um líder descendente se dá por uma das partes metálicas da gaiola. A corrente da descarga circula somente pela gaiola, protegendo o que está no interior da mesma (VISACRO FILHO, 2005).

Este método é indicado para edificações com uma grande área horizontal, além de ser o único método aceito pela NBR 5419 para proteger estruturas com altura superior a 60 m (STÉFANI, 2011).

### 3.4 Partes que compõe um SPDA

O SPDA é basicamente formado por três partes interligadas entre si (CREDER, 2013):

- Sistemas de captação: São os elementos condutores expostos, normalmente na parte mais elevada da edificação, responsáveis pelo contato direto com as descargas atmosféricas.
- Sistema de descida: São elementos condutores expostos ou não, que permitem a continuidade elétrica entre os captos e o sistema de aterramento.
- Sistemas de aterramento: São elementos metálicos instalados vertical ou horizontalmente e responsáveis pela dispersão da corrente elétrica de descarga no solo.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Desenvolveu-se o projeto de um SPDA para uma edificação situada na cidade de Itabira/MG. O mesmo foi solicitado para a empresa PSO Engenharia quando a execução da obra estava em estágio avançado, e foi desenvolvido no período de estágio na empresa com a supervisão de profissionais experientes. Os dados relevantes para o projeto são os seguintes:

- Edificação: igreja;
- Tipo de construção: alvenaria ou concreto simples;
- Tipo de cobertura: telhas de aço galvanizado a fogo;
- Local: Itabira/MG;
- Área construída: 273,05 m<sup>2</sup>;
- Área total: 485,36 m<sup>2</sup>;
- Perímetro: 74,42 m;
- Pavimentos: 2;
- Altura máxima: 10 m;
- Largura: 12,7 m;
- Comprimento: 25 m.

### 4.1 Verificação da necessidade do SPDA

Os cálculos para verificação da necessidade do SPDA de acordo com a NBR 5419 estão demonstrados:

#### a) Densidade de descargas atmosféricas para a terra:

É o número de raios para a terra por quilômetro quadrado por ano ( $N_g$ ), calculado pela equação 1:

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25} \quad (1)$$

$$N_g = 0,04 \times (7,9)^{1,25} = 0,53 \text{ (por Km}^2 \text{/ano)}$$

$T_d$  = N° de dias de trovoadas por ano para cidade de Itabira/MG, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

**b) Área de exposição equivalente:**

É a área de captação de uma descarga por uma estrutura normal sem proteção. O valor da área de exposição equivalente ( $A_e$ ) é calculado pela equação 2:

$$A_e = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2 \quad (2)$$

$$A_e = (25 \times 12,7) + (2 \times 25 \times 10) + (2 \times 12,7 \times 10) + (\pi \times 10^2)$$

$$A_e = 1385,66 \text{ m}^2$$

Sendo:

L = Comprimento da estrutura (m); W = Largura da estrutura (m); H = Altura da estrutura (m).

**c) Frequência média anual de descargas:**

É o número provável de raios que podem atingir a construção ( $N_d$ ), por ano, dada pela equação 3:

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} \quad (3)$$

$$N_d = (0,53) \times (1385,66) \times 10^{-6}$$

$$N_d = 7,34 \times 10^{-4} \text{ (por ano)}$$

**d) Fatores de ponderação**

Multiplica-se o valor de  $N_d$  pelos fatores pertinentes (equação 4), obtendo-se  $N_{dc}$ .

$$N_{dc} = A \times B \times C \times D \times E \times N_d \quad (4)$$

$$N_{dc} = (1,3) \times (1,7) \times (1,7) \times (1) \times (1) \times (7,34 \times 10^{-4})$$

$$N_{dc} = 2,76 \times 10^{-3}$$

Sendo:

A = Tipo de ocupação da estrutura (1,3 para locais de afluência de público);

B = Tipo de construção da estrutura (1,7 para estrutura de concreto simples com cobertura metálica);

C = Conteúdo da estrutura (1,7 para locais de afluência de público);

D = Localização da estrutura (1 para estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas de altura similar);

E = Topografia da região (1 para elevações moderadas).

Interpreta-se o valor de  $N_{dc}$  de acordo com a NBR 5419.

- Se  $N_{dc} \geq 10^{-3}$ , a estrutura requer um SPDA;
- Se  $10^{-3} > N_{dc} > 10^{-5}$ , a conveniência de um SPDA deve ser avaliada;
- Se  $N_{dc} \leq 10^{-5}$ , a estrutura dispensa um SPDA.

Sendo  $N_{dc} = 2,76 \times 10^{-3} \geq 10^{-3}$ , a estrutura requer um SPDA.

**4.2 Verificação do nível de proteção necessário**

É um dos mais importantes parâmetros na confecção do projeto. A partir dele são determinados os seguintes elementos do projeto:

- O ângulo de proteção;
- As dimensões dos módulos das malhas e o raio da esfera rolante;
- As distâncias preferenciais típicas para distri-

buição dos condutores de descida;

- A distância de segurança e o comprimento mínimo dos eletrodos de aterramento;

Sendo a referida edificação uma Igreja, de acordo com a Tabela 1 o nível de proteção necessário é II.

**4.3 Definição da filosofia de proteção mais adequada**

O método de Franklin tem sido cada vez menos utilizado devido às limitações impostas pela NBR 5419, ficando seu uso restrito às edificações de pequeno porte ou aplicações específicas. O método de malhas (Faraday), ao contrário do método de Franklin, é indicado para edificações com grande área horizontal (MAMEDE FILHO, 2012).

O método de malhas foi utilizado por ser o mais indicado para esta aplicação levando em consideração a área, o custo, a facilidade de instalação e manutenção.

**4.4 Projeto do subsistema de captação**

O método de malhas consiste em envolver a parte superior da construção com uma malha captora de condutores elétricos nus, cuja distância entre eles é em função do nível de proteção desejado. De acordo com Mamede Filho (2012), para o nível II de proteção, a largura do módulo da malha de proteção (W) deve ser de 10 m. O comprimento ideal do módulo da malha (L) é dado pela equação 5:

$$L \leq K \times W \quad (5)$$

$$L \leq 10 \times 1,5 = 15 \text{ m}$$

K = Fator de multiplicação, normalmente utilizado 1,5.

Portanto, o comprimento do módulo da malha deverá ser menor ou igual a 15 m. Na edificação utilizaram-se telhas de aço galvanizado a quente com espessura de 0,5 mm. A NBR 5419 permite a utilização da cobertura metálica da edificação como parte do sistema de captação da malha, e a mesma foi utilizada.

O sistema de captação é formado por cabos de alumínio nu de 70 mm<sup>2</sup> fixados sobre a platibanda a fim de contornar toda a parte superior da edificação. É recomendada a utilização de mini captadores de 50 cm de altura conectados aos condutores horizontais que compõem a malha protetora.

De acordo com a NBR 5419, a distância entre os captadores não deve ser superior a 8 m. A derivação do cabo de alumínio nu (Figura 2) de 70 mm<sup>2</sup> para o telhado metálico é feita utilizando um rabicho de cabo de mesma seção transversal, conectores de pressão em latão estanhado para cabos de alumínio de 70 mm<sup>2</sup> e terminal de compressão.

#### 4.5 Projeto do subsistema de descida

Construções de alvenaria sem armadura metálica interligada devem ter implantado um SPDA com descidas externas. Estes condutores de descida devem ser dispostos de modo que a corrente percorra diversos condutores em paralelo e o comprimento seja o menor possível (NBR 5419).

Os condutores de descida devem ser distribuídos ao longo do perímetro do volume a proteger, de modo que seus espaçamentos médios não sejam superiores a 15 m para estruturas com proteção nível II. Devem ser instalados a uma distância mínima de 0,5 m de portas, janelas e outras aberturas (NBR 5419).

O perímetro da edificação é de 74,72 m. O número mínimo de descidas para o nível II são 5. Determinou-se então a utilização de 6 descidas até o sistema de aterramento, com o espaçamento médio entre elas de 13,03 m, para atender os requisitos da

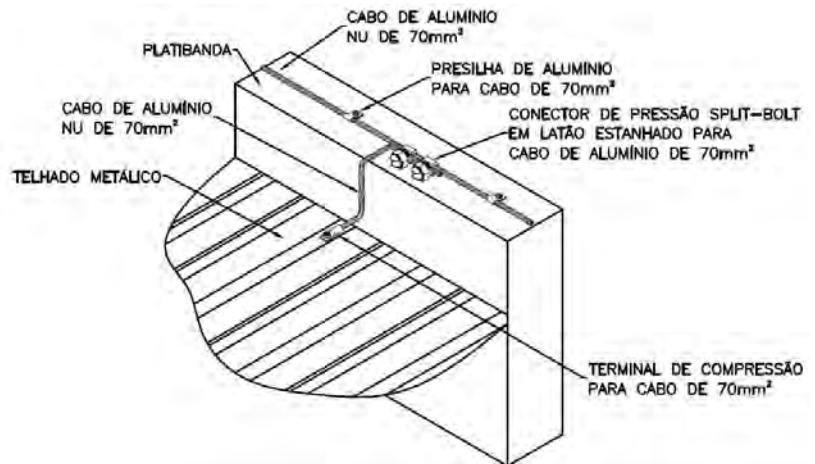


Figura 2: Derivação do cabo da platibanda. • Fonte: Termotécnica (2014).

norma. Foram utilizadas barras chatas de alumínio 7/8"×1/8" (70 mm<sup>2</sup>), com 3 m de comprimento cada. O detalhe da derivação do cabo nu de alumínio na platibanda ligado a barra chata de alumínio, e sua fixação, são representados na figura 3.

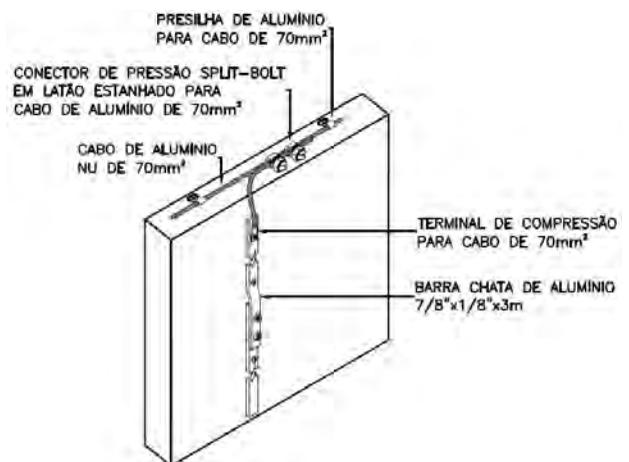


Figura 3: Derivação do cabo na platibanda para a descida na barra chata de alumínio. • Fonte: Termotécnica (2014).

#### 4.6 Projeto do subsistema de aterramento

A NBR 5419 determina que os sistemas de aterramento não naturais sejam constituídos pelos seguintes elementos metálicos:

- Eletrodos verticais (hastes) especialmente fabricados para utilização em aterramento de sistemas elétricos;
- Eletrodos horizontais que são constituídos de condutores metálicos.

O sistema de aterramento foi constituído por hastes verticais de aço revestidas por cobre conectadas a um cabo de cobre nu de 50 mm<sup>2</sup> em forma de anel circulando em torno da edificação. A NBR 5419 determina que o seja instalado a uma profundidade mínima de 50 cm. Os eletrodos verticais foram distribuídos uniformemente no perímetro da edificação, espaçados entre si no valor igual ou superior a sua profundidade de cravação no solo.

O sistema de aterramento teve um grau de dificuldade maior devido à arquitetura da edificação, que é construída em um terreno inclinado e faz uso do subsolo em alguns trechos. O projeto do aterramento do SPDA foi dividido em malhas de aterramento do subsolo e do térreo para facilitar o entendimento. As duas malhas são interligadas, formando uma única malha de aterramento.

Em um determinado trecho foi necessária a passagem do cabo da malha de aterramento por cima da edificação a uma altura de 3 m, até a interligação a malha de aterramento do térreo, formando assim uma única malha de aterramento. Transtornos assim são gerados quando é necessário adaptar uma estrutura já construída a um SPDA. A NBR 5419 recomenda a passagem em até no máximo 4 m acima do nível do solo.

O projeto da malha de aterramento do térreo não apresentou dificuldades. Foi necessário quebrar o piso parcialmente pronto para a escavação da vala para passagem do condutor de aterramento e cravação da haste de aterramento. Foram utilizadas 6 hastes de aterramento. Os eletrodos de aterramento foram projetados para serem instalados a uma distância aproximada de 1,0 m das fundações da edificação.

As conexões entre a barra chata de alumínio do sistema de descida com o sistema de aterramento são feitas por meio de um cabo de cobre nu de 50 mm<sup>2</sup> conectado à barra chata de alumínio com um terminal de compressão, e este cabo de cobre nu é conectado na haste de aterramento por meio de solda exotérmica, exemplificados pela figura 4.

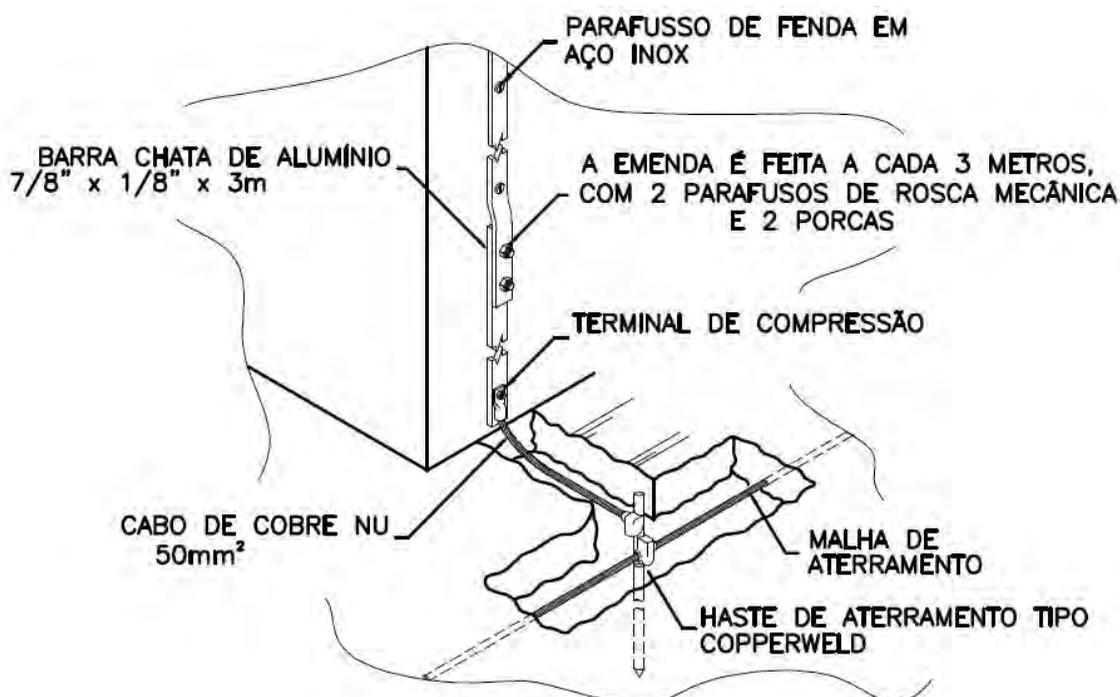


Figura 4: Conexão da descida em barra chata de alumínio com o aterramento. • Fonte: Termotécnica (2014).

#### 4.7 Ligação equipotencial

Para evitar riscos de choques elétricos, incêndios e explosão no interior da estrutura, devem-se equalizar os potenciais elétricos interligando todos os elementos condutivos existentes na estrutura e no seu interior.

Foi projetada a utilização de uma caixa de equalização para uso interno com barramento de cobre para 9 terminais, instalada próxima ao quadro geral de baixa tensão, onde deverão ser conectados:

- O subsistema de aterramento através de uma fita de aço de 25x4 mm;
- A armadura do concreto;
- Todos os condutores não vivos dos sistemas elétricos.

A ligação equipotencial deverá ser realizada através de condutores de ligação equipotencial (onde a continuidade elétrica não for assegurada por ligações naturais). Na edificação projetou-se um

só sistema de aterramento no qual através de ligações equipotenciais são conectadas todas as partes da instalação que obrigatoriamente devem ser conectadas à terra.

#### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho foi possível concluir que um SPDA não assegura a proteção total da estrutura, mas sua instalação correta é capaz de minimizar os danos causados pelas descargas atmosféricas. A NBR 5419 deve ser estudada antes do início do projeto e obrigatoriamente seguida pelo projetista.

Como o projeto do SPDA foi solicitado em um estágio avançado da obra, o grau de dificuldade do projeto foi elevado. É ideal que o projeto do SPDA seja desenvolvido antes do início da construção, com o responsável técnico pelo projeto acompanhando constantemente a instalação do sistema, bem como dialogando com o engenheiro civil e arquiteto responsáveis.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10**: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília, 2004.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 452 p.

LACERDA, Lucas Moreira de; AMORIM, Waldiney Alves. **Estudo sobre os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas para edificações**. 2014. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2014.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 792 p.

TERMOTÉCNICA: referência nacional em SPDA. Disponível em: <<http://www.tel.com.br/>>. Acesso em 20 jun. 2014.

STÉFANI, Rodrigo Verardino de. **Metodologia de projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas para edifício residencial**. 2011. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <[www.tcc.sc.usp.br](http://www.tcc.sc.usp.br)>. Acesso em: 15 mai. 2014.

VISACRO FILHO, Silvério. **Descargas Atmosféricas**: uma abordagem de engenharia. 1.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2005. 272 p.

# A IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO GERENCIAMENTO DE OBRAS

Cássio Cardoso Lopes · [cassioeng@bol.com.br](mailto:cassioeng@bol.com.br)

Renata Katielle dos Santos · [rehksantos18@hotmail.com](mailto:rehksantos18@hotmail.com)

**Resumo:** A compatibilização de projetos de uma obra na construção civil visa integrar todos profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos que derivam do arquitetônico, dentre eles, estrutural, elétrico, hidráulico, incêndio, SPDA (Sistema de Proteção e Descargas Atmosféricas). Sob esta ótica, o presente trabalho tem o objetivo de identificar a importância da compatibilização no desenvolvimento dos projetos, pois os principais problemas que ocorrem em canteiros de obras são devido a falhas ou a falta de compatibilização dos projetos. Para atingir os objetivos foi realizado um estudo bibliográfico sobre a importância do gerenciamento de obras tendo como principal ferramenta a compatibilização de projetos em obras de pequeno e médio porte. Os resultados do estudo revelam que a compatibilização dos diversos projetos para o gerenciamento pode promover a obtenção de melhores padrões de acabamento, produtividade, diminuindo prazos e aumentando os lucros. Conclui-se que a compatibilização de projetos torna eficaz todo o processo de gerenciamento do empreendimento, atendendo as expectativas do cliente e garantindo uma qualidade total, em todos os processos desde o estudo de viabilidade a entrega na data fixada pelo planejamento e gestão.

**Palavras-chaves:** Gestão. Compatibilidade. Construção Civil. Projetos.

## INTRODUÇÃO

A necessidade de melhoria na qualidade das obras e maior controle dos gastos financeiros com materiais e pessoas gerou interesse por discorrer sobre a importância do gerenciamento de projeto, assim a necessidade da compatibilização. A constatação que um projeto é um empreendimento temporário para se criar um produto com datas pré-estabelecidas de início e término para ser concluído. Os projetos atualmente pode-se afirmar que são interativos, podendo dizer, já não comporta mais uma execução em série, do tipo: planejar, para depois executar e, por fim controlar. Está cada vez mais integrado às organizações hospedeiras e exige da equipe uma compreensão destas para o perfeito entrosamento. Por isso, não se aceita mais o trabalho de pessoas ou de equipes parciais dispersas; o conjunto precisa estar vigorosamente entrelaçado. Para tanto é necessário o perfeito conhecimento do gerenciamento de projeto, atualmente distribuído a toda a equipe, e, mais, a capacidade de aglutinar diversas áreas de trabalho, ainda que aparentemente distante.

O gerenciamento de projetos requer um profundo conhecimento das gestões de recursos, pessoas (*stakeholders*), suprimentos e técnicos. Para tanto deve-se observar a necessidade do empreendimento, no caso da construção civil, a sociedade, cliente, recursos técnicos, impactos ambientais, métodos construtivos, tecnologia dos materiais e aplicar os co-

nhecimentos e informações com intuito de executar um projeto detalhado e compatibilizado, aplicando todas as informações básicas e a interação de todos profissionais técnicos envolvidos na criação dos projetos executivos da obra. Com intuito de se obter um produto final dentro dos padrões estabelecidos pelas normas, com resultados previstos dos lucros e prazos atendendo às necessidades do cliente.

A compatibilização de projetos propicia no gerenciamento, verificar todas as interfaces dos projetos das diversas áreas da engenharia, quando sobrepostos na fase inicial dos estudos do empreendimento, possibilitando as análises críticas e visualizando as interferências entre eles, assim todas as correções necessárias e caminhos críticos são corrigidos diante da compatibilização dos mesmos, melhorando a execução e qualidade da obra.

Assim a importância de compatibilizar os projetos na fase inicial de um empreendimento como uma ferramenta eficaz no gerenciamento da obra, torna-se um método eficiente no detalhamento de projeto, estudo do escopo, memorial descritivo, histograma da mão de obra direta e indireta, dimensionamento dos equipamentos necessários, busca de soluções tecnológicas de novos materiais, além de conceituar todo processo de execução das atividades/serviços, com intuito de atingir os prazos estipulados e metas financeiras do planejamento, atendendo assim as expectativas do cliente.

## MÉTODO

Este trabalho foi concebido através de pesquisas bibliográficas e da experiência profissional dos autores, com intuito de demonstrar que a falta de compatibilização de projetos no gerenciamento e planejamento promove prejuízo ao investidor e ao cliente final, podendo ser identificadas as falhas desde a concepção do empreendimento, pela não realização de estudo e compatibilização de projetos, a falta de escopo das atividades, a má qualificação dos colaboradores, fornecedores, desperdício de materiais, falta de controle e manutenção de equipamentos, evidenciando a má gestão na execução do produto.

A compatibilização de projetos não pode se limitar somente aos aspectos da análise do desenho, como modelo representativo da obra. Neste trabalho mostra que a compatibilização gráfica extingue nas mãos dos projetistas, desde que este seja orientado pelo gerente e coordenador de projetos. Também são mostradas as demais dimensões da compatibilização, tão importantes como a tradicional sobreposição de desenhos que garante a construtibilidade, ou seja, compatibilização estratégica, programa de necessidades, viabilidade técnica e econômica, facilitação de fluxo da produção e uma melhoria contínua dos processos da qualidade

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todo empreendimento nasce da necessidade de um cliente ou sociedade, pode ser privado ou público, são contratados os profissionais para execução dos projetos e posteriormente a contratação da construtora, inicia o processo de produção (execução) da obra com datas pré-fixadas de início e fim, entrega do produto acabado ao cliente final. Na figura 01 foi demonstrado de forma rápida o processo de interação entre todos os envolvidos no processo de concepção de um empreendimento.

### Método para compatibilização de projetos em edificações

Apresentamos de forma simplificada o método proposto para compatibilizar projetos de edificações em incorporação ou construção imobiliária. Na figura 2 foi demonstrado como as responsabilidades são atribuídas a cada célula de trabalho e interesses do dentro sistema de gerenciamento e planejamento.

O método considera que:

- O trabalho de compatibiliza-

ção não inclui revisão dos projetos.

- A revisão de cada projeto é atribuição do projetista específico.
- O trabalho de compatibilização de projetos não pode incluir a ação de co-projetar.
- O projeto é atribuição do projetista ao qual foi confiada a tarefa.
- O trabalho de compatibilização de projetos tem as dimensões para: fazer seguir o plano estratégico do projeto; fazer seguir a pesquisa de mercado do desenvolvimento do produto; fazer seguir a viabilidade técnico-econômica do empreendimento; fazer seguir a construtibilidade do projeto para a obra e ser o facilitador das ações dos projetistas. Para cada correlação entre um de disciplinas é atribuído um peso caracterizando a intensidade desta correlação. Neste trabalho será utilizado uma escala de peso baseada VANNI (1999), que tem a seguinte constituição: Peso 1 – correlação fraca; Peso 2 – correlação média; Peso 3 – correlação forte. Os pares de correlação que apresentarem intensidade com peso igual ou superior a 2 devem ser analisados.

### Dimensão do plano estratégico do projeto

O compatibilizador deve:

- Fazer respeitar o cronograma de desenvolvimento dos projetos.
- Fazer com que os projetos permitam respeitar o cronograma previsto para a execução da obra.
- Fazer respeitar o custo previsto para o desenvolvimento dos projetos.
- Fazer com que os projetos respeitem os custos previstos para execução da obra.
- O foco principal é a satisfação dos clientes do projeto, desde projetistas até consumidor final.
- O projeto deve ser desenvolvido como um processo de produção.

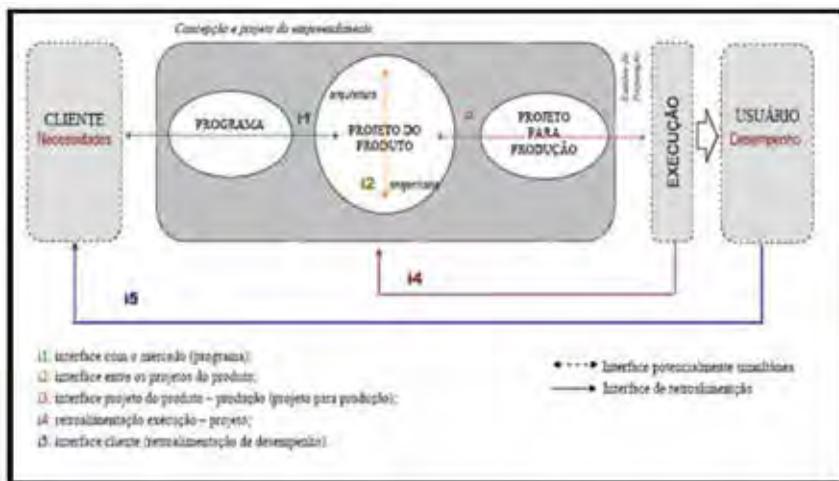


Figura 1: Organograma de gestão. (Moderno Gerenciamento de Projetos)

- g. Fazer respeitar a padronização do produto final.
- h. Dirigir as soluções de projetos para a construtibilidade.
- i. Dirigir as soluções de projetos para a carta de habitação sem contratemplos.

**Dimensão da pesquisa de mercado**

O compatibilizador deve:

- a. Fazer focar as ações dos projetos para o cliente final.
- b. Fazer com que a representação gráfica dos projetos atenda aos requisitos: de layout; dos ambientes de permanência prolongada e transitória; da relação entre lados dos compartimentos; da orientação solar; da vista do panorama e de acessibilidade.
- c. Fazer com que o memorial descritivo dos projetos atenda aos requisitos de estética, de durabilidade e de facilidade de manutenção.

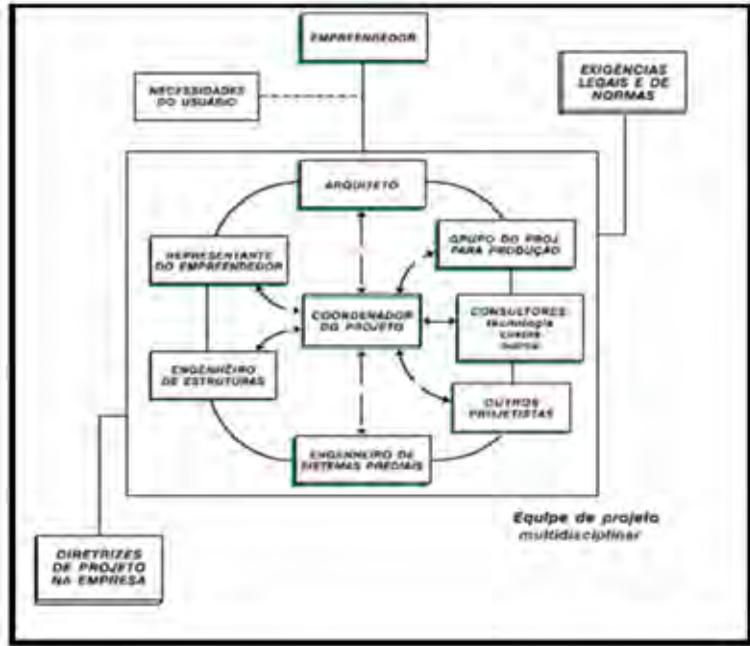


Figura 2: Organograma de responsabilidades.(Planejamento estratégico).

**Dimensão da viabilidade técnico-econômica**

O compatibilizador deve utilizar os indicadores geométricos, de consumo, de custos e de produtividade considerados no estudo de viabilidade econômico-financeira do empreendimento para verificar possíveis desconformidades com este instrumento balizador do sucesso do investimento. Vários indicadores são conhecidos para o subsetor da construção, como por exemplo: taxa de formas, taxa de armaduras, taxa de concreto, taxa de esquadrias, taxa de tubos de esgoto, entre outros. Outra ferramenta de fácil disponibilidade para o compatibilizador são as Curvas ABC (planilha de insumos e serviços retirado dos projetos através de levantamentos e associado valores), geradas a partir do estudo de viabilidade econômico-financeira do empreendimento. Solano (2003) mostra que as Curvas ABC de edifícios são de grande concentração e que aproximadamente 3% dos itens de custo representam cerca de 50% do custo global da construção, destacando ainda que em edifícios existem entorno de 700 itens. Diante deste fato a compatibilização dos projetos vai trabalhar no controle de aproximadamente 21 itens de custo, fazendo com que os projetistas se enquadrem nos consumos e custos definidos na fase de concepção do empreendimento. Solano (2003) também mostra a agregação destas curvas por fornecedores, sendo esta caracterizada por cerca de 80 ins-

critos e que não mais de 10 entre estes são responsáveis por 50% do custo global da construção. Esta curva de fornecedores também deve ser utilizada pelo compatibilizador para verificar a coerência dos projetos frente ao plano da viabilidade.

**Dimensão da Construtibilidade**

Esta é a dimensão normalmente praticada pelos compatibilizadores. Empresas de pequeno porte não compatibilizam seus projetos, lançando para a produção da obra esta responsabilidade, evidentemente com todos os efeitos negativos também já destacados. Mesmo as médias e grandes empresas aplicam esta dimensão, mas muitas delas sem método definido, ficando restrita a sobreposição de desenhos na busca de inconformidades que possam comprometer o fluxo da construção.

PLANILHA DE CORRELAÇÃO ENTRE DISCIPLINAS DE PROJETO															
EMPREENHIMENTO LOCAL	PROJETO DO PRODUTO													FOLHA DATA	
	DISCIPLINA DOS PROJETOS													PA	PE
	PA	PE	PI	PT	PH	PS	PG	PF	PI	PC	PV	PRF	MD		
PROJ. ARQUITETÔNICO (PA)	3	3	3	3	3	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3
PROJ. ESTRUTURAL (PE)	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3
PROJ. INST. ELÉTRICAS (PI)			3	2	2	3	1	1	1	2	1	3	3	3	3
PROJ. INST. TELEFÔNICA (PT)			2	2	2	1	1	1	2	1	3	3	3	3	3
PROJ. INST. HIDRÁULICA (PH)					3	2	1	1	1	2	1	3	3	3	3
PROJ. INST. SANITÁRIA (PS)						2	1	2	1	2	1	3	3	3	3
PROJ. INST. GÁS (PG)							1	1	1	2	1	3	3	3	3
PROJ. PROD. FORMA (PF)								1	2	1	1	3	3	3	3
PROJ. PROD. IMPERMEABILIZAÇÃO (PI)									1	2	3	3	3	3	3
PROJ. PROD. E IMPL. DO CANT. OBRA (PC)										2	2	3	3	3	3
PROJ. PROD. VEDAÇÕES (PV)											3	1	3	3	3
PROJ. DE REVEST. FACHADA (PRF)												3	3	3	3
MEMORIAL DESCRITIVO (MD)													3	3	3
CADERNO DE ENCARGOS (CE)														3	3
ORÇAMENTOS (ORÇ)															3

Figura 3: Planilha da correlação.(SIMBEL- Construção e empreendimentos LTDA)

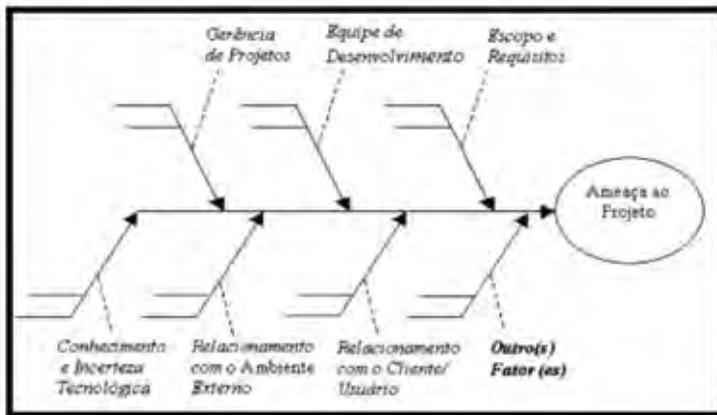


Figura 4: Diagrama de Ishikawa adaptado a gestão de riscos. (Gestão da Qualidade).

Este trabalho propõe um método que possa garantir três aspectos: construtibilidade, operacionalidade e manutenibilidade.

Para atingir aos objetivos do método, o compatibilizador deve pelo menos:

- Elaborar listas de verificação das zonas vulneráveis podendo serem utilizados os métodos conhecidos como engenharia simultânea e FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas.
- Elaborar as regras para compatibilização. Estas devem conter a ordem e os itens. Como exemplo citou: verificar a atualidade dos documentos que referenciaram o desenho; verificar se o projetista atendeu a padronização dos documentos; verificar se a base dos projetos é a versão atual do projeto de arquitetura liberado, sendo este o referencial para os demais; sobrepor o projeto no desenho a ser compatibilizado em ponto de inserção; verificar o desenho por campos definidos em malha 10 x 10 cm; anotar as desconformidades e solicitações no layer do coordenador; salvar arquivo como mesmonome\_compat.dwg e dar ampla divulgação para todos os intervenientes do projeto.

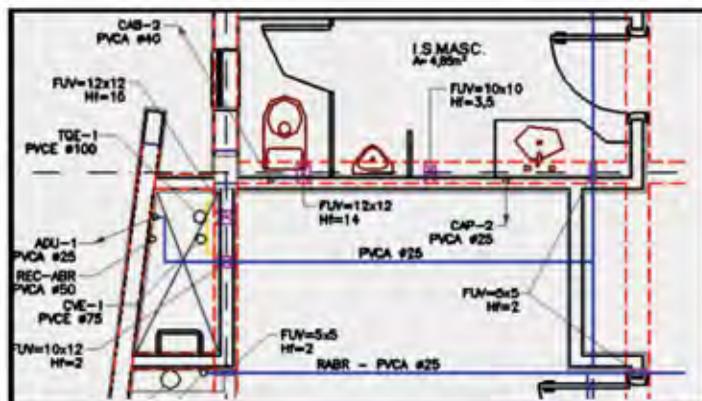


Figura 5: Sobreposição de projetos em 2D (ex: estrutura x hidráulica)

- Elaborar o plano de compatibilização de acordo com o cronograma dos projetos, não esquecendo que o número de interação é muito grande e deve ser calculada pela quantidade de tempo disponível. Como exemplo citamos que um projeto com 20 projetistas e 300 desenhos, resultam em torno de 190 compatibilizações de construtibilidade e 300 horas de trabalho;
- Compatibilizar os desenhos dos projetos dois a dois;
- Manter o controle da compatibilização, podendo ser utilizado os sistemas compartilhados.
- Divulgar os resultados da compatibilização amplamente entre os intervenientes do projeto.

### Dimensão da facilitação de fluxo da produção dos projetistas

Esta é a dimensão não é utilizada pela maioria dos compatibilizadores e consiste em:

- Fazer cumprir os prazos previstos no cronograma de projetos.
- Cumprir os prazos previstos para compatibilização.
- Dar ampla divulgação do processo de compatibilização por meio compartilhado;
- Somente liberar o projeto referencial para outros após a liberação pelo compatibilizador.
- Não liberar desenhos com pendências, mesmo que estas pendências sejam de formatação.
- Não liberar desenhos por pressão do engenheiro de produção, pois a obra não deveria ter sido iniciada antes dos projetos terem sido concluídos e liberados.

### CONCLUSÃO

Sobre a importância de compatibilização de projetos no gerenciamento de obras, concluímos que os erros que acontecem nas obras por falta da compatibilização de projetos são consideráveis, o que faz desta fase do gerenciamento de obras uma importante ferramenta dos processos preliminares do planejamento antes da execução do projeto, e que não pode ser negligenciada ou menosprezada, como acontece em muitos casos. Entretanto, devem ser estudados ainda mais, pois não se pode sanar um problema do qual não se tem conhecimento.

A falta de compatibilização de projetos torna-se um problema sério e pode gerar muitos outros, como inconformidades

no planejamento, no orçamento, nas compras de material e nos próprios métodos executivos de uma obra, justificando assim a importância que deve ser dada ao rápido equacionamento desta questão, principalmente nos dias atuais onde as empresas buscam melhores processos construtivos na busca da melhoria contínua da qualidade, redução de prazos e reserviços, a fim de melhorar a competitividade no mercado tão globalizado e com lucros reduzidos, tendo certificados de qualidade, ISO, PBQP-H, como diferencial de sua empresa.

Com tudo destaca-se a grande necessidade de melhor capacitação acadêmica em especializações deste novo profissional da engenharia, que cresce e torna-se um divisor na busca de melhores resultados nas grandes, médias e pequenas obras, por ser o operacional de uma ferramenta que antecipa todo o processo de execução na obra, verificando todos os caminhos críticos e problemáticos da obra, evitando através de estudos preliminares todos os problemas decorrentes da não compatibilização dos projetos.

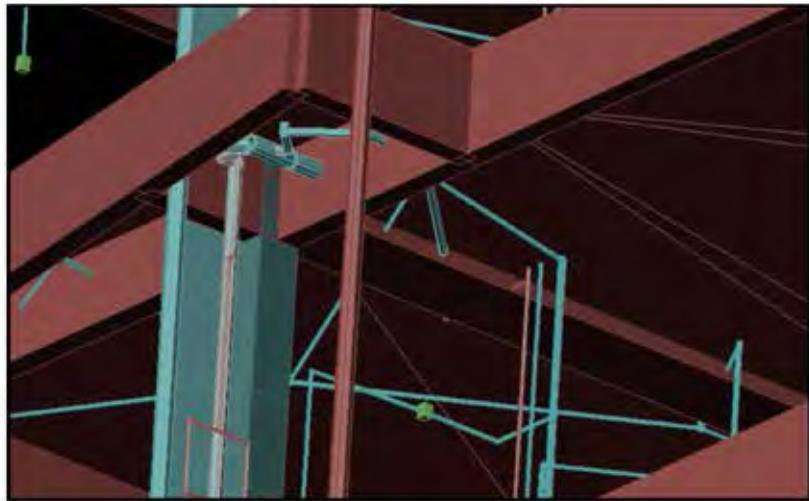


Figura 6: Integração de modelos 3D (estrutura x hidráulica x elétrica).

PLANILHA TABELA X RESPONSABILIDADES									
EMPREENDIMENTO LOCAL	PROJETO DO PRODUTO							FOLHA	DATA
DISCIPLINAS DO PROJETO	EQUIPE MULTIDISCIPLINAR								
	COORD. PROJ.	ARQ.	ENG. ESTR.	ENG. INST.	ENG. PROD.	ENG. CUST.	CONS. TECN.	CONS. MAR.	CONS. AS. TE.
PROJ. ARQUITETONICO	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. ESTRUTURAL	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. INST. ELETRICAS	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. INST. TELEFONICA	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. INST. HIDRAULICA	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. INST. SANITARIA	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. INST. GAS	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. PROD. FORMA	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. PROD. IMPERMEABILIZACAO	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. PROD. E IMPL. DO CANT. OBRA	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. PROD. VEDAÇÕES	X	o	o	o	o	o	o	o	o
PROJ. DE REVEST. FACHADA	X	o	o	o	o	o	o	o	o
MEMORIAL DESCRITIVO	X	o	o	o	o	o	o	o	o
CADERNO DE ENCARGOS	X	o	o	o	o	o	o	o	o
ORÇAMENTOS	X	o	o	o	o	o	o	o	o

Figura 7: Planilha Tabela X Responsabilidade. (SIMBEL - Construção e empreendimentos LTDA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALLEGARI, S.; BARTH, F. **Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso.** Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC, 2007.

FERREIRA, R.C. **Os diferentes conceitos adotados entre gerência, coordenação e compatibilização de projeto na construção de edifícios.** São Carlos, SP. 2001. 3p. In: Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Anais, São Carlos, USP, 2001. Artigo técnico.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos.** Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT. (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.

MELLO, C.H.P. **Gestão da Qualidade.** 1.ed.São Paulo.

NILTON, Richard. **O gestor de Projetos.** 2.ed.São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, D.PR. **Planejamento Estratégico.** 31. ed.São Paulo, 2013.

SHENHAR, A.J; DVIR, Dov. **Reinventando Gerenciamento de Projetos.** A Abordagem Diamante ao Crescimento e Inovação Bem-Sucedidos.

VALERIANO, Dalton. **Moderno Gerenciamento de Projetos.** São Paulo: Prentice Hall, 2005.

**XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção** - Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov de 2005.

# Você concorda que o mundo está em constante evolução? Então vamos combinar que isso é obra do engenho humano.

11 de Dezembro, dia do Engenheiro.

Homenagem do Sicoob Engecred ao profissional que, com suas inovações, contribui para um mundo melhor.

[engecred.com.br](http://engecred.com.br)

 **SICOOB** A cooperativa de crédito que é a sua cara.  
Engecred-MG





# REVELANDO TALENTOS

*Troca de  
informação  
entre CIE e  
escolas valoriza  
a educação na  
área tecnológica*

**A** época de sua criação, no dia 14 de junho de 2012, o Colégio Estadual de Instituições de Ensino de Minas Gerais (CIE-MG) propôs um modelo de trabalho até então inédito no Sistema Confea/Crea. A experiência pioneira pretendia congregiar as instituições de ensino sediadas no estado para troca de informações e empreender esforços para valorização da educação na área tecnológica. “As instituições de ensino são o nascedouro dos novos profissionais e o local onde é produzido conhecimento. Por meio de várias ações, o Colégio busca alinhar a dinâmica das universidades à realidade profissional”, enfatiza o presidente do Crea-Minas, engenheiro civil Jobson Andrade.

A primeira coordenadora estadual do Colégio e representante da Fumec, engenheira civil Enid Drumond, conta que a formação do CIE é fruto de um trabalho sistemático e esforço coletivo. “A escola é responsável pela formação do estudante e o Crea-Minas é seu parceiro profissional. Com este elo ganham instituição, aluno e sociedade”, avalia. Passados três anos do início de suas atividades, e com 200 escolas cadastradas, o CIE se firmou como um órgão consultivo inovador.

**A Feicintec**

Um dos trabalhos de destaque do CIE e a Feira de Ciências e Inovações Tecnológicas do Crea-Minas (Feicintec). A mostra está em sua terceira edição e foi idealizada com o intuito de fomentar a criação, planejamento e execução de projetos desde a época da faculdade, além de promover o intercâmbio de conhecimentos e despertar novas vocações.

Enid Drumond também participou da criação da Feicintec e conta que “no começo foi preciso conquistar a confiança das escolas cadastradas no Colégio, que muito nos ajudaram na mobilização, e também incentivar as pessoas a participarem de uma Feira que estava iniciando sua história. Hoje, é muito gratificante ver que as escolas já viram o trabalho do CIE, acreditam nele e incentivam os alunos a participarem. A visibilidade, a possibilidade de ganhar bolsas de estudos e de implementação dos trabalhos são grandes estímulos”.

O coordenador da Feicintec de 2015, engenheiro civil e vice-reitor da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) Luiz Fernando Resende, completa que ao se estimular a produção de pesquisa nas universidades, os alunos acabam se interessando mais pelo seu próprio curso de graduação e também destaca o potencial da Feira. “A Feicintec é visitada

por pessoas de vários setores, gerando boas oportunidades para aqueles que apresentam bons projetos, como patrocínios e bolsas de estudo”, afirma Luiz Fernando.

A então estudante do sétimo período de engenharia elétrica, Marília Bontempo, foi uma das ganhadoras da primeira edição e comentou sobre a importância da Feicintec e do incentivo à pesquisa. “O prêmio de primeiro lugar veio em boa hora, pois a gente tinha o desejo de patentear o *Pulse* há um tempo. O Inatel sempre nos apoiou, mas é claro que a oportunidade proporcionada pelo Crea-Minas foi fundamental. É bom saber que podemos colher bons frutos com aquilo que a gente está fazendo”, avaliou. Para as pesquisas do *Pulse*, a equipe composta por quatro alunos e um professor orientador, desenvolveu um projeto de engenharia associado à área médica. O resultado foi o protótipo de sistema de circulação extracorpóreo pulsátil, que traz uma série de inovações para as cirurgias cardíacas, tornando, inclusive, o tempo de recuperação pós-cirúrgico mais curto. Os estudantes foram contemplados com um prêmio de 10 mil reais, pago pelo Crea-Minas, e uma bolsa de iniciação científica, concedida pela Fundação de Amparo à pesquisa de Minas Gerais (Fapemig).



## Promoção de P&D

Em 2014 a Fapemig concedeu um total de 7.209 bolsas de estudos, o equivalente a um investimento da ordem de R\$ 80.523.200. O presidente da instituição, Evaldo Vilela, explica que essa verba possibilita a descoberta de novos conhecimentos e novas tecnologias da medicina passando pela agricultura até as ciências humanas, úteis para a solução de problemas, para a geração de riquezas e de novos empregos. “Neste sentido, a Feicintec

é extremamente valiosa para o fortalecimento do ecossistema de ciência, tecnologia e inovação de Minas Gerais, pois aproxima as pessoas do tema da pesquisa e da inovação tecnológica”, afirma. “A contribuição do Crea-Minas é fundamental para o desenvolvimento social e econômico do estado e do país, e contribui para que a sociedade entenda como é feita a ciência e apoie o seu papel na construção de uma vida com maior qualidade para todos”, finaliza.



# 3ª FEICINTEC

FEIRA DE CIÊNCIAS E  
INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Podem participar da Feira alunos regularmente matriculados em instituições de ensino e cursos cadastrados no Conselho, e seus projetos precisam focar na inovação tecnológica.

## 1ª fase Classificação Regional



Uma comissão avaliadora seleciona os melhores trabalhos de cada região. A avaliação é feita a partir de um relatório escrito enviado durante o processo de inscrição

## 2ª fase Presencial

Os selecionados na primeira etapa participam da Feicintec com um estande para o projeto, em Belo Horizonte. Uma comissão avalia os relatórios e também a apresentação do trabalho de cada equipe.

## E os prêmios vão para...

Ao final da Feira, são anunciados os vencedores e entregues os prêmios de cada edição.



Veja mais no endereço:  
<http://feicintec.crea-mg.org.br>



Atenta às movimentações globais, a FAPEMIG promove a internacionalização da ciência mineira, estabelecendo o intercâmbio de pesquisadores e a pesquisa conjunta com países como Itália, Alemanha, França, Reino Unido, Austrália e Canadá. Dessa forma, potencializa as ações similares desenvolvidas em diferentes países e aproxima a ciência brasileira dos padrões científicos internacionais.



FAPEMIG: Sempre à frente do seu tempo

[www.fapemig.br](http://www.fapemig.br)  
[www.facebook.com/fapemig](https://www.facebook.com/fapemig)  
[www.twitter.com/fapemig](https://www.twitter.com/fapemig)



A N A I S

# FEICINTEC



Minas Gerais  
**2014**

# PROJETO INOVA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

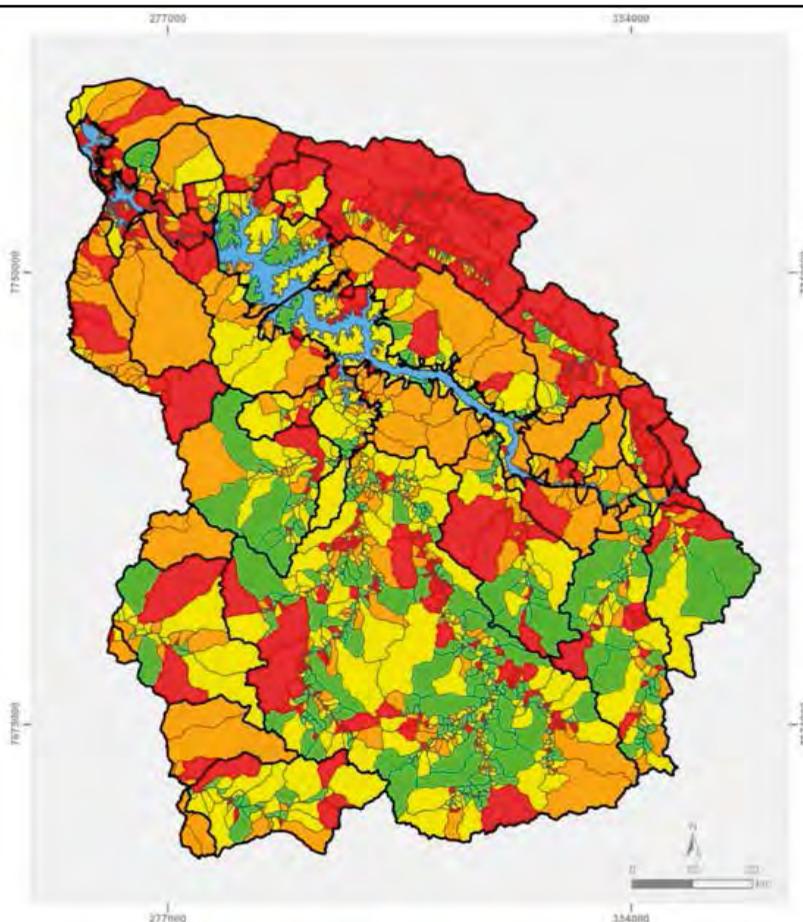
*Zoneamento ambiental promove a preservação dos recursos hídricos e pretende ser modelo para outras regiões do país*

A escassez de água e esgotamento das nascentes, rios e represas em diversas regiões se tornou atualmente um dos principais problemas no país. Pensando nisso, professores, especialistas e alunos de diversas áreas criaram o *Projeto Grande Minas - União pelas águas*, que tem o objetivo de contribuir para a preservação dos recursos hídricos na região do Médio Rio Grande, em Minas Gerais.

A pesquisa conquistou o primeiro lugar na 2ª Feira de Ciências e Inovações Tecnológicas (Feicintec), promovida pelo Crea-Minas, em dezembro de 2014. A última etapa do projeto foi desenvolvida pelas então alunas e bolsistas de iniciação científica do curso de engenharia ambiental, Ana Cláudia Pereira Carvalho, Ana Paula Pereira Carvalho, Thais Cristina Souza Lima e Monique de Paula Neves, orientadas pelo professor Eduardo Goulart Collares.

No *Grande Minas* foi realizado o zoneamento ambiental dos afluentes mineiros do Médio Rio Grande e foram compilados em quatro volumes com os dados – “Aspectos Metodológicos”, “Aspectos Socioeconômicos e de uso e ocupação do solo”, “Aspectos dos meios físico e biótico” e “Fragilidades, potencialidades, zoneamento das unidades ambien-

## ZONEAMENTO DAS UNIDADES AMBIENTAIS



- Altíssimo Nível de Prioridade
- Alto Nível de Prioridade
- Médio Nível de Prioridade
- Baixo Nível de Prioridade

Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG/Passos

## PROJETO GRANDE MINAS - UNIÃO PELAS ÁGUAS

O zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.

**Eduardo Goulart Collares (Orientador)**

collaresambiental@hotmail.com

**Ana Cláudia Pereira Carvalho**

ana-claudiapc@hotmail.com

**Ana Paula Pereira Carvalho**

anapaulapc2010@hotmail.com

**Thais Cristina Souza Lima**

thaisc\_souzalima@hotmail.com

**Palavras-chave:** Gerenciamento ambiental. Planejamento regional e urbano. Cartografia geotécnica e geoambiental. Geoprocessamento.

Os comitês de bacias hidrográficas, por prerrogativa da Lei 9.433/1997, devem deliberar sobre os recursos hídricos e ambientais na sua área de abrangência, bem como estabelecer critérios para a cobrança do uso das águas e definir as diretrizes para a conservação ou recuperação destes recursos. Entretanto, para que o comitê possa assumir estas atribuições, precisa conhecer a bacia hidrográfica que vai gerenciar e estabelecer diretrizes de planejamento e gestão e, neste âmbito, o zoneamento ambiental (ZA) apresenta-se como um importante instrumento de apoio aos gestores. O *Projeto Grande Minas – União pelas Águas*, ao realizar o ZA do Médio Rio Grande, produziu documentos cartográficos e descritivos que representam uma visão contextualizada sobre as vulnerabilidades e potencialidades dos terrenos nesta unidade de gerenciamento dos recursos hídricos. A pesquisa apresenta uma sistemática de trabalho inovadora, de fácil leitura pelos gestores públicos, e que pode ser adotada em outras unidades de planejamento e gestão. No total foram compartimentadas 34 macrounidades ambientais e 1607 unidades ambientais, que foram classificadas quanto ao nível de prioridade para ações de controle ambiental. Os resultados foram expressos na *Carta de Zoneamento Geral das Unidades Ambientais* e em um elenco de diretrizes específicas para cada uma das unidades.

tais, cenários e diretrizes”. O material será utilizado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (CBH-GD7) para a elaboração do plano diretor de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da região.

Embora alguns comitês de bacia já tenham como prática elaborar seus planos diretores de recursos hídricos, eles não utilizam o zoneamento ambiental para sua elaboração, segundo Ana Paula Carvalho, destacando que esta é a principal inovação do projeto. “O zoneamento contribui para que o plano diretor seja feito de forma sustentável, atendendo às exigências das políticas nacional e estadual de recursos hídricos”, argumenta. Uma vez implementadas as ações propostas no projeto, os municípios da região serão beneficiados e poderão usufruir, futuramente, de um ambiente mais saudável e recursos hídricos em melhores condições em quantidade e qualidade.

### Metodologia

A metodologia usada no projeto surgiu a partir da tese de doutorado do professor Collares, que deu início a uma série de discussões sobre o tema. O projeto começou a ser desenvolvido em 2010 e englobou uma equipe multidisciplinar formada por mais de 50 pessoas, dentre pesquisadores mestres e doutores, estagiários e bolsistas de iniciação científica.

Fruto de uma parceria entre a então Fundação de Ensino Superior de Passos (Fesp), atual UEMG/Passos e a Agência de Desenvolvimento Sustentável do Sudoeste Mineiro (Adebras), a expectativa da equipe do projeto é que o método desenvolvido possa ser utilizado também por outros comitês de bacias, e possa ajudar na preservação dos recursos hídricos de outras regiões do país.

**Conheça o projeto:**

[www.grandeminas.fespmg.edu.br/](http://www.grandeminas.fespmg.edu.br/)

Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL

## ARO MAGNÉTICO PARA APARELHOS AUDITIVOS E MEDIDOR DE IMPEDÂNCIA PARA ARO MAGNÉTICO

**Rinaldo Duarte Teixeira de Carvalho (Orientador)**  
rinaldo@inatel.br

**Andressa Ferreira de Oliveira**  
andressa\_ferreira@geb.inatel.br

**Diogo Duarte Bernardes**  
diogoduarte@get.inatel.br

**Filipe Loyola Lopes**  
filipeloyola@geb.inatel.br

**Isabel Francine Mendes**  
isabelfrancine@geb.inatel.br

**Palavras-chave:** Deficiência auditiva. Tecnologia assistiva. Aparelho auditivo.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente 15% da população adulta mundial apresenta algum tipo de perda auditiva. No Brasil, aproximadamente dez milhões de pessoas têm algum tipo de deficiência auditiva.

Em muitos casos, há uma melhora da capacidade auditiva com o uso de próteses, implantes ou aparelhos auditivos. No entanto, em recintos fechados essa melhora pode ser prejudicada pelos ruídos devido a distância entre o locutor e o ouvinte e a direção da emissão do som. Este problema pode ser superado com a instalação do aro magnético que melhora o sinal recebido pelo dispositivo do usuário, podendo ser instalado em ambientes como salas de aulas, escritórios e teatros.

O sistema consiste em um dispositivo eletrônico que capta um sinal de áudio emitido por uma fonte sonora, com a função de amplificar e filtrar este sinal para transmiti-lo. A transmissão ao indivíduo com deficiência auditiva é feita através de ondas magnéticas, sem a necessidade de qualquer alteração na originalidade do aparelho auditivo, que capta o sinal e o disponibiliza ao usuário de forma mais clara e limpa, facilitando a compreensão dos sons.

Este projeto foi desenvolvido no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia Assistiva do INATEL (CDTTA) com apoio do Governo do Estado de Minas Gerais através da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior e da Fapemig.

Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros - FACIT

## CONTROLE E REABILITAÇÃO MOTORA DE MEMBROS SUPERIORES E INFERIORES - CRM

**Murilo Pereira Lopes (Orientador)**  
murilo@femc.edu.br

**Lucas Teixeira Moura Soares**  
lucasteixeiramourasoares@hotmail.com

**Yuri Adan Gonçalves Cordovil**  
adan\_cks@hotmail.com

**Palavras-chave:** Integração. Reabilitação. Sistemas. Tecnologia. Tratamentos.

Com o avanço da tecnologia nas áreas englobadas pela engenharia de reabilitação, métodos de controle e sistemas robotizados atuam para possibilitar novas formas de integração, principalmente no desenvolvimento de tratamentos locomotores, permitindo assim, a reintegração do paciente de forma parcial ou completa. *Controle e Reabilitação Motora de Membros Superiores e Inferiores (CRM)* é um projeto de iniciação científica desenvolvido por acadêmicos bolsistas da Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros (FACIT) em parceria com a Fapemig.

Propor soluções para um futuro menos obstruído por barreiras físicas é um dos alvos desse projeto. Esta pesquisa descreve um equipamento robótico inovador para reabilitar a coordenação motora de pessoas que são afetadas por doenças ou sequelas de acidentes que causam deficiências. Com base nos conhecimentos obtidos através de pesquisas, tornou-se notório que os sinais gerados pela atividade muscular facial podem ser manipulados por um usuário leigo, eliminando assim longos períodos de treino e anulando o uso de métodos invasivos por intervenções cirúrgicas como implantes cerebrais. Com o CRM, pretende-se aperfeiçoar tecnologias já existentes de forma a amenizar as limitações causadas por doenças ou sequelas que causam deficiência motora. Atualmente a pesquisa encontra-se em estágio intermediário onde já foram concluídas as primeiras etapas de estudo e desenvolvimento do protótipo base. Posteriormente serão aprimorados o protótipo e a captação de sinais da atividade muscular facial, a fim de minimizar a complexidade da interface homem-máquina.

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

## MOSTRADOR ELETRÔNICO EM BRAILE PARA *SMART GRID*

**Fabrizio Pablo Virgínio de Campos (Orientador)**

fabricio.campos@ufjf.edu.br

**Caique Rocha Miranda**

caique.rocha@engenharia.ufjf.br

**Diogo Fernandes**

diogofernandesjf@gmail.com

**Edgar Bellini Xavier**

bellini.xavier@engenharia.ufjf.br

**Stéfano Andrade de Souza**

stefano.andrade@engenharia.ufjf.br

**Thiago Campos Paschoalin**

thiago.paschoalin@engenharia.ufjf.br

**Palavras-chave:** *Display* braile. *Smart Grid*. Censo. PLC.

A cada dia o conceito de *Smart Grid* torna-se mais forte e popular. Até então não existia uma solução de leitura de dados da rede de energia elétrica que atendesse às necessidades de uma pessoa portadora de deficiência visual. No Brasil, existem mais de 6,5 milhões de pessoas cegas, segundo dados do Censo 2010. No mundo este número chega a 39 milhões.

O medidor de energia envia os dados para a rede de energia elétrica, utilizando tecnologia PLC (*Power Line Communication*) e então os dados podem ser lidos de qualquer lugar da residência pelo Mostrador Eletrônico. O objetivo é que estas informações estejam disponíveis inclusive para usuários com deficiência visual. O usuário, através dos botões disponíveis, seleciona qual informação o Mostrador deve apresentar (corrente, tensão ou potência elétrica) e então a informação é apresentada nos *displays* eletrônico braile e alfanumérico.

A inovação patenteada do trabalho é a utilização de um *display* eletrônico braile remoto para a apresentação das informações de um sistema de medição inteligente, podendo este ser instalado em qualquer lugar da residência que possuir uma tomada. Não existe no mercado outra solução que atenda às necessidades de uma pessoa portadora de deficiência visual.

Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL

## COLCHÃO *SYNCRUS*

**Pedro Sergio Monti (Orientador)**

pedro@inatel.br

**Dorival Jonas Cabral**

dorivalj@hotmail.com

**Renata de Oliveira**

renataoliveira@get.inatel.br

**Palavras-chave:** Acamado. Colchão. Decúbito. Úlceras por pressão.

O *Colchão Syncrus* foi desenvolvido para prevenção de úlceras por pressão, para diminuir a dependência do acamado de seu cuidador na troca de decúbito, para evitar o surgimento das ulcerações e para reduzir os custos e o tempo do tratamento, melhorando, assim, a qualidade de vida dos pacientes com pouca ou nenhuma movimentação.

As úlceras por pressão (UP) são lesões cutâneas que surgem pela falta de irrigação sanguínea e pela irritação da pele que reveste uma saliência óssea, nas zonas em que esta foi pressionada contra uma cama, cadeira de rodas ou outro objeto rígido durante um período de tempo prolongado.

O *Colchão Syncrus*, com movimentos sincronizados e programados para aliviar a pressão da pele junto à cama, pode ser considerado uma inovação por ser uma evolução dos colchões anti UP existentes no mercado. Ele se destina a prevenir e tratar pessoas acamadas que possam vir a desenvolver ou já estejam acometidas pela UP.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - IFTM/Uberaba.

## METODOLOGIA PARA VIABILIZAÇÃO DO USO DE PARASITÓIDES DO GÊNERO *TRICHOGRAMMA* NO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA AGRICULTURA

**Robson Thomaz Thuler (Orientador)**  
rthuler@iftm.edu.br

**Caio César Campos Rodrigues**  
caio\_campos09@hotmail.com

**José Carlos Mazetto Júnior**  
jcmazettojr@hotmail.com

**Priscila Pereira Cavalcanti**  
priscilapcavalcanti@hotmail.com

**Sandy Spinelí Silva**  
sandy\_spinelí@hotmail.com

**Palavras-chave:** *Trichogrammatidae*. Controle biológico. Preferência hospedeira. Lepidóptera. Inovação.

A utilização de parasitoides do gênero *Trichogramma* tem contribuído muito para o controle de pragas que acometem culturas de importância econômica. Dessa forma, os testes de preferência, em laboratório, com *Trichogramma* são essenciais para a determinação de sua eficiência e posterior liberação no campo. Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi desenvolver uma metodologia eficaz para avaliação de preferência hospedeira de parasitoides do gênero *Trichogramma*, por meio da realização de testes de dupla e múltipla chance de escolha pelo parasitoide em relação aos ovos de *Anagasta kuehniella*, de *Spodoptera frugiperda* e de *Plutella xylostella*.

As inovadoras arenas desenvolvidas demonstraram-se eficientes para análise da preferência, possibilitando verificar que nas análises de dupla chance, onde se utiliza dois hospedeiros, *T. pretiosum* preferiu *A. kuehniella* em relação aos outros dois hospedeiros, separadamente, e nas de múltipla escolha, a preferência foi por *A. kuehniella* e *S. frugiperda* frente à *P. xylostella*. Utilizando as arenas compostas por garrafas pré-forma de polietileno (PET), com microtubos de vidro (Duran) dispostos equidistantemente, ao redor e sobre a tampa, determinou-se a especificidade do parasitoide, o que implicará diretamente na escolha da espécie ou linhagem a ser utilizada no controle da praga que está ocorrendo no campo.

Centro Universitário Do Sul de Minas - UNIS-MG

## BRAÇO MANIPULADOR REMOTO REPLICADOR PARA ATIVIDADES PERIGOSAS

**Alexandre de Oliveira Lopes (Orientador)**  
alexandre.lopes@unis.edu.br

**Eldrick D'Martins**  
eldrick@oi.com.br

**Mike Gomes de Moura**  
mike-moura@hotmail.com

**Paulo Carvalho Souza**  
paulocarvalhosouza@outlook.com

**Orlando Junior Leonel Martins**  
juniorjmartins18@gmail.com

**Wagner Roberto da Silva**  
wagner.silva@boilermill.com.br

**Palavras-chave:** Braço mecânico. Robótica, Robô manipulador. Automação.

A exposição do trabalhador a situações que podem gerar riscos a sua saúde e integridade física é o problema que induz pesquisas para o desenvolvimento de mecanismos capazes de substituí-lo fisicamente nas áreas de risco. Com o objetivo de proteger o trabalhador e garantir a execução das ações em áreas de risco, foi desenvolvido sistema de comando para manipuladores com semelhança anatômica ao braço humano que podem ser operados utilizando os movimentos do braço do trabalhador, tornando-os mais aplicáveis em funções que exigem habilidade manual.

A pesquisa apresenta um protótipo capaz de replicar parcialmente os movimentos do braço do operador, com três graus de movimento. Este equipamento utiliza modelo de servomotor de baixo custo desenvolvido exclusivamente para este modelo de equipamento. Os resultados de desempenho do equipamento superaram as expectativas no que diz respeito à velocidade de resposta, de movimentação além de paradas muito pontuais dos movimentos. Estas qualidades foram fundamentais para a replicação do movimento através de comando que capta os movimentos do braço do operador. As inovações deste trabalho são o comando intuitivo e o tipo de servomotor, que possui custo muito reduzido em relação a outros equipamentos equivalentes do mercado.

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ

## PROJETO OLHOS DE ÁGUIA

Mapeamento aéreo por meio de Vant radiocontrolado

**Dimas José de Resende (Orientador)**

dimas@ufsj.edu.br

**Guilherme Resende de Miranda**

grdemolay@gmail.com

**Jordana Maria de Mendonça Abdalla**

jordana\_sjdr@hotmail.com

**Palavras-chave:** Vant. Mapeamento. Monitoramento. Telemetria.

Diante de novos obstáculos e dos desafios encontrados pelo homem, a Engenharia da Mobilidade propõe uma solução alternativa para os trabalhos de mapeamento e monitoramento aéreo.

Segundo dados do IBGE (2010), o Brasil possui 5.565 municípios, dos quais somente 225 possuem população acima dos 100.000 habitantes. Dentre os municípios de menor porte, apresentam-se as áreas de pequenos produtores rurais e fazendas de pequeno e médio porte.

Sabe-se que o sistema de mapeamento e monitoramento por satélite é a melhor ferramenta para aquisição de grandes extensões de dados. No entanto, para as áreas de menores dimensões, em se tratando de relação custo-benefício, pode não ser viável economicamente um investimento alto para este fim.

Por isso, o projeto *Olhos de Águia* busca ser uma alternativa de grande potencial no quesito de mapeamento aéreo de qualidade utilizando Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) de fácil operação para uso de pequenas e médias empresas e produtores da área rural.

Por meio de uma aeronave radiocontrolada de baixo custo, fácil operação, e softwares acessíveis, o projeto se torna uma ferramenta importante no orçamento dessas empresas e produtores rurais.

Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL

## CADEIRA ORTOSTÁTICA DINÂMICA - C.O.D.

Desenvolvimento de um novo método de levantamento e locomoção de portadores de deficiência física e motora

**Ana Leticia Gomes Gonçalves (Orientador)**

aleticiagg@yahoo.com.br

**Walef Robert Ivo Carvalho**

walefrobert@hotmail.com

**Palavras-chave:** Autonomia. Independência. Limitações. Movimentos.

Pensando em um projeto de cunho social, desenvolveu-se a C.O.D. (*Cadeira Ortostática Dinâmica*), cuja finalidade é beneficiar os portadores de necessidades físicas, dependentes de uma cadeira de rodas.

A C.O.D. tem por objetivo colocar os deficientes em pé e permitir a locomoção sobre o equipamento, sem esforço físico, fornecendo acessibilidade e segurança. Faz também, o levantamento do usuário até a postura ideal, de maneira ereta, deixando-o na posição vertical.

O equipamento desenvolvido foi testado com o pai do integrante da equipe que sofreu um trauma na coluna há oito anos em um acidente envolvendo mergulho que acarretou em uma tetraplegia. Leandro Aparecido de Carvalho, atualmente, anda com o auxílio de andador e realiza todas as atividades rotineiras. A *Cadeira Ortostática Dinâmica* promoveu uma série de benefícios em sua recuperação física. Por meio dela foi possível realizar fisioterapia diariamente, ficar em pé novamente e se locomover para qualquer lugar desejado, com total segurança e conforto. Todos os testes foram acompanhados por uma fisioterapeuta.

Certifica-se que a C.O.D. é um equipamento que intervém na saúde ocupacional do indivíduo, adaptando suas atividades cotidianas. Foi possível tornar o sujeito acometido pela lesão medular mais autônomo e independente.

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix

## OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO DE UMA UNIDADE DE VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA

**Jeferson Inácio Lopes (Orientador)** - da época  
jilopes@cemig.com.br

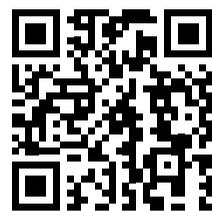
**Thiago Henrique Martins Pereira**  
tigoemtv@hotmail.com

**Palavras-chave:** Valorização energética. Coprocessamento. Problema da Mistura. Resíduos sólidos.

No atual cenário ambiental, tecnologias sustentáveis para destinação de resíduos têm ganhado força. Com a necessidade de extinção de lixões e determinação da ordem de prioridade para destinação de resíduos, estabelecidas pela Lei 12.305/2010, a valorização energética torna-se cada vez mais viável e competitiva economicamente. Um problema enfrentado pelas Unidades de Valorização Energética – UVEs é garantir a qualidade do produto final. Objetiva-se nesse trabalho, apresentar um modelo matemático que determine em que proporção os resíduos recebidos em uma UVE, devem ser misturados para otimizar a produção de combustível alternativo e, ao mesmo tempo, atender aos critérios de qualidade exigidos pelas cimenteiras. O desenvolvimento se dá através do levantamento das especificações dos resíduos e dos critérios de qualidade exigidos, modelagem, implementação e interpretação dos resultados do modelo. Na discussão dos resultados pôde-se determinar em qual proporção os resíduos devem ser misturados, maximizando a produção e atendendo aos parâmetros de qualidade especificados.

# CONHEÇA OS PROJETOS

# ACESSE OS RELATÓRIOS COMPLETOS NO SITE DA FEICINTEC



[FEICINTEC.CREA-MG.ORG.BR](http://FEICINTEC.CREA-MG.ORG.BR)

## Engenharia Química

**Palavras-chave:** Catadores. Fusão do alumínio. Gás de aterro. Concreto celular. Escória.

### Agregação de valor econômico em produtos da reciclagem metálica do alumínio junto às Associações dos Catadores de Belo Horizonte para atender demandas das indústrias de transformação ligadas aos setores da construção civil e metal-mecânica

**Sidney Nicodemos da Silva (orientador)**

sidneynicodemos@yahoo.com.br

**Cristina Aparecida Esteves**

cristinaesteves@yahoo.com.br

**Matheus Brant Vilanova**

matbrant@hotmail.com

**Michellie Lorena Torres**

michellielorena@gmail.com

Cooperativas de catadores de materiais reciclados vão produzir lingotes com a fundição de sucatas de alumínio em fornos de fácil construção, e ainda, dois novos produtos serão produzidos com os resíduos obtidos a partir da reciclagem: um novo concreto poroso de baixo custo e ligas de alumínio de alto desempenho.

**Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG**

## Engenharia Mecânica/ Engenharia Metalúrgica

**Palavras-chave:** Manutenção. Web. Confiabilidade. Veicular.

### Aplicação do sistema de gestão da confiabilidade via web em uma frota veicular

**Marlon Antônio Pinheiro (orientador)**

marlonpinheiro@hotmail.com

**Geraldo do Carmo Santos Oliveira**

geralducajuru@hotmail.com

A manutenção veicular deve garantir a confiabilidade dos veículos, minimizando a probabilidade de acidentes, ou seja, maximizando a sua segurança operacional durante toda a sua vida útil, e tudo isto a um custo razoável para os seus usuários. Estes aspectos são muito difíceis de serem gerenciados neste tipo de serviço. Este projeto de iniciação científica aplica a metodologia da Análise de confiabilidade veicular via Web, [www.savemotors.com.br](http://www.savemotors.com.br), que permite interligar oficinas e usuários, de maneira a otimizar o controle do processo de manutenção veicular.

**Universidade de Itaúna**

## Agronomia

**Palavras-chave:** Bomba hidráulica. Carneiro hidráulico. Ariete de hidráulico.

### Carneiro hidráulico de PVC

**Antônio Carlos Barreto (orientador)**

barreto@iftm.edu.br

**Ana Flávia de Oliveira**

an.fl.ol@hotmail.com

**Rodrigo Borges de Moraes**

rodrigodemb@gmail.com

No carneiro hidráulico uma maneira inusitada de utilizar a energia gerada por esse fenômeno hidráulico, chamado golpe de ariete, é para bombear água. Portanto, no carneiro a própria água de abastecimento promove a energia para o seu bombeamento. A inovação do projeto está no material utilizado na construção do equipamento.

**Instituto Federal de Educação, Ensino e Tecnologia do Triângulo Mineiro - IFTM/Uberaba**

## Engenharia Civil

**Palavras-chave:** Resíduos agrícolas. Concreto. Meio ambiente. Compressão simples.

### Aplicação de resíduos agrícolas em estruturas de concreto

**Tiago de Moraes Faria Novais (orientador)**

tnovais@divinopolisuemg.com.br

**Enzio Severino Junior**

enzioseverino@gmail.com

**Jéssica Guimarães Ferreira**

jessica\_ferr13@hotmail.com

**Nathália Xavier da Fonseca**

nathaliaxf@yahoo.com.br

**Sarah Vilela**

sarah\_brasilsupri@hotmail.com

Esta pesquisa teve a intenção de avaliar a viabilidade técnica do uso de cinza de casca de arroz moída em substituição a 20% (em peso) de cimento em concretos para fins estruturais. Assim, com esta substituição, o aproveitamento de um resíduo agrícola em larga escala pode ser viabilizado. Com a substituição de 20% os resultados foram satisfatórios, com aumento de 22% na resistência inicial e 13% aos 28 dias.

**Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG/Divinópolis**

## Agronomia

**Palavras-chave:** Mineração de dados. Cicatriz de queima. NDVI. NDWI.

### Caracterização do perfil vegetativo propício a queima pelo processo de indução por árvore de decisão a partir de dados orbitais do sensor Modis

**Cristina Rodrigues Nascimento (orientadora)**

crisrodnas@gmail.com

**Jonathan da Rocha Miranda**

jonathanrocha7@yahoo.com.br

O controle e combate de incêndios nas Unidades de Conservação são insuficientes para monitorar toda sua extensão. O objetivo deste trabalho foi avaliar as cicatrizes de queimadas em função das condições do material combustível. O mecanismo empregado poderá promover uma previsão de até 25% na identificação operacional dos focos de incêndio.

**Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG/Montes Claros**

## Geologia e Engenharia de Minas

**Palavras-chave:** Detecção de contaminação. Eletroresistividade. Contaminação. Caminhamento Elétrico. Geofísica Aplicada. Engenharia Hídrica.

### Contaminação e detecção de material orgânico por método da eletroresistividade

**Carlos Henrique Alexandrino (orientador)**

carlos.alexandrino@ufvjm.edu.br

**Israel Cesar Santana Júnior**

israelcs.junior@hotmail.com

**Jefferson Batemarque Gomes**

jeffersonbatemarque@hotmail.com

**Paulo Henrique Gomes Silva**

paulo Henrique101@yahoo.com.br

**Rafael Miquelão Gottardi**

rafaelmiquelao@yahoo.com.br

Com objetivo de demonstrar à sociedade os danos causados por soluções contaminantes e sua possível forma de identificação, foi realizada uma simulação em um aquífero experimental, através do método da eletroresistividade e técnica do caminhamento elétrico, onde se detectou a malha de contaminação com materiais acessíveis e de baixo custo.

**Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM/Mucuri**

*Engenharia Elétrica/Eletrônica*

**Palavras-chave:** Ondas cerebrais. Transmissor. Microcontrolador. *Bluetooth*.

**Controle de dispositivos por ondas cerebrais**

**Edmar Alves Cosme (orientador)**

edmarc@fasa.edu.br

**Alan Cândido de Souza**

alancsouza04@gmail.com

**Aurélio de Oliveira Sá**

aureliotaiobeiras@hotmail.com

**Laura Rodrigues Vieira**

lrvieira93@yahoo.com.br

Desenvolver um mecanismo capaz de detectar e transmitir as frequências das ondas cerebrais, possibilitando o acionamento do dispositivo desejado, atualmente isto é possível. Os resultados mostram que podemos acionar um veículo, uma cama hospitalar, cadeira de rodas ou drone simplesmente com a força do pensamento, ou seja, pelas ondas cerebrais beta que são comprovadamente responsáveis pelo estado de atenção.

Faculdades Santo Agostinho - FASA

*Engenharia Elétrica/Eletrônica*

**Palavras-chave:** Android. Brinquedos. *Bluetooth*, *Smartphone*.

**Controle remoto via bluetooth**

**Celso Iwata Frison (orientador)**

celso@pucpcaldas.br

**Thalles Gonçalves Teixeira dos Santos**

thalles.teixeira@sqa.pucminas.br

**Thiago de Andrade Bragagnolle**

thiago\_dtoa@yahoo.com.br

Brinquedos que são controlados a distância, por radiofrequência, geralmente não coexistem no mesmo espaço devido à interferência mútua. Vista a popularidade dos *smartphones* e devido a estes possuírem a tecnologia *bluetooth*, surgiu a ideia de utilizar o *smartphone* como controle remoto de brinquedos, onde vários dispositivos podem coexistir no mesmo espaço.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-Minas/Poços de Caldas

*Engenharia Elétrica/Eletrônica*

**Palavras-chave:** Alarme. Controle Remoto. Furto. Veículos. ZigBee.

**Dispositivo antifurto half-duplex utilizando comunicação ZigBee**

**Celso Iwata Frison (orientador)**

celso@pucpcaldas.br

**Cassiano Augusto Pereira Martins**

cassianoaugusto1@gmail.com

Os alarmes automotivos convencionais, quando disparados, não informam ao proprietário do veículo sobre o ocorrido. O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de uma comunicação *half-duplex* entre o controle remoto e sua central (instalada no veículo), que permite o proprietário ter conhecimento do status do veículo a uma distância de até 5 Km.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-Minas/Poços de Caldas

*Engenharia Elétrica/Eletrônica*

**Palavras-chave:** Energia Eólica. Eficiência Energética. Momento de Inércia.

**Controle do coeficiente de inércia de turbinas eólicas**

**Thulio Marcus Marcenes de Souza (orientador)**

thuliomarcus@yahoo.com.br

**Enemilce de Lourdes Rocha Silve Viega**

enemilce.viega@gmail.com

**Marcell Magalhães de Oliveira**

marcell4c@gmail.com

Atualmente os aerogeradores são projetados para gerar o máximo de energia possível na velocidade média dos ventos no local da instalação. Essa característica faz com que a energia dos ventos mais fortes não seja aproveitada. O projeto consiste em um sistema que acumula a energia do vento mais forte, mantendo a velocidade da turbina inalterada, e libera a energia acumulada quando os ventos estão abaixo da média. Dessa forma consegue-se uma maior eficiência. O trabalho apresentado demonstrou que é positivo controlar a velocidade da turbina frente a diferentes correntes de ventos, acumulando e liberando energia cinética de acordo com a velocidade.

Faculdade Presidente Antônio Carlos - UNIPAC

*Engenharia Química*

**Palavras-chave:** Geleia. Okara. *Ananas comosus L. Merrill*.

**Desenvolvimento e caracterização físico-química, sensorial e microbiológica de geleia de casca de abacaxi adicionada de diferentes níveis de okara**

**Poliana Mendes de Souza (orientadora)**

poliana.souza@ict.ufvjm.edu.br

**Danielle Cristine Mota Ferreira**

danielle\_0107@hotmail.com

O presente trabalho teve como objetivo criar uma nova formulação de geleia preparada a partir de casca de abacaxi, em substituição à polpa, enriquecida com okara. As geleias elaboradas representam uma interessante alternativa para o aproveitamento de resíduos, antes descartados ou direcionados para produtos de baixo valor.

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM/Diamantina

*Engenharia Elétrica/Eletrônica*

**Palavras-chave:** Batimentos binaurais. Frequência. Eletrônica. Programação.

**Estimulador de ondas cerebrais através de batimento binaural e fotoestimulação com finalidade de auxiliar no desenvolvimento de pesquisas para o tratamento de distúrbios mentais**

**Haroldo de Moraes Lopes (orientador)**

haroldo@femc.edu.br

**Madson Henrique Souza Dias**

madsonhsd@hotmail.com

Este projeto apresenta o desenvolvimento e resultados de um equipamento eletrônico voltado para pesquisas na área de neurologia e psicologia, a fim de explorar a técnica não-farmacológica e não-invasiva de batimentos binaurais; assim auxiliar no tratamento de transtornos mentais. Pode-se tornar uma forma de melhorar o processo de tratamento usado atualmente.

Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros - FACIT

## Engenharia Civil

**Palavras-chave:** Cerâmica vermelha. Tijolos. Ensaios dimensionais. Compressão.

### Estudo da qualidade dos tijolos produzidos em olarias do Vale do Mucuri - MG

**Stênio Cavalier Cabral (orientador)**  
stenio.cavalier@gmail.com  
**Hianne Leite Ribeiro**  
hianneleite@hotmail.com

Há uma crescente preocupação com os materiais empregados no setor de construção civil, como a cerâmica vermelha, por estes nem sempre obedecerem às normas da ABNT, decaindo em qualidade. Logo, propõe-se a inserção de rejeito de lapidação na massa das olarias do Vale do Mucuri - MG.

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM/Mucuri

## Engenharia Elétrica/Eletrônica

**Palavras-chave:** Mosquito. Exterminador de mosquito. Tela eletrizada. Dengue.

### Exterminador de mosquito - Exlong

**Diego Aparecido Lemes (orientador)**  
diegolemes86@yahoo.com.br  
**Francisco Eduardo de Carvalho Costa**  
costafec@inatel.br  
**Danilo Silveira da Costa**  
danilocosta86@yahoo.com.br  
**Igor Lenom da Silva Melo**  
igor.melo@tgt.inatel.br  
**Johny Francisco da Silva**  
johnysilva@tgt.inatel.br

O protótipo libera um gás, que é responsável pela atração do mosquito (pernilongo). Após a atração, o inseto entra pelo orifício, um pequeno ventilador o puxa para o interior do equipamento onde ele bate em uma tela eletrizada e assim, é exterminado.

Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL

## Engenharia Elétrica/Eletrônica

**Palavras-chave:** LED de potência. Iluminação inteligente. Eficiência energética. Comunicação sem fio.

### Implementação de controle de iluminação com comunicação sem fio via *smartphone*

**Lenin Martins Ferreira Morais (orientador)**  
lenin@cpdee.ufmg.br  
**Leandro Borges Ferreira**  
leandro.b.fe@hotmail.com

O trabalho consiste no projeto e construção de um protótipo de uma luminária utilizando LEDs de potência como fonte luminosa, com comando remoto por *smartphone* via *bluetooth*, visando economia de energia. O usuário possui controle total da intensidade da lâmpada indo de 0% até 100% de sua capacidade total.

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

## Engenharia Elétrica/Eletrônica

**Palavras-chave:** Tecnologias assistivas. Portador de tetraplegia. Automação Residencial

### Estudo e desenvolvimento de tecnologias assistivas ao portador de mobilidade reduzida

**Saulo de Moraes Garcia Junio (orientador)**  
sauiomoraes@uol.com.br  
**Cristino Divino de Freitas Junior**  
cristino-dfj@hotmail.com  
**Flavio Antonio Rodrigues Junior**  
flavioantoniojr@gmail.com

Este trabalho versa sobre a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias assistivas para o portador de mobilidade reduzida, buscando beneficiar a rotina do público alvo e programar um sistema automatizado de apoio, sendo este sistema envolvido por *hardware* e *software*. O sistema atua efetivamente garantindo um percentual de autonomia e independência por parte do público alvo.

Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG/Ituiutaba

## Agronomia

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*. Produção. Cultivo protegido. Substrato.

### Hidroponia vertical na produção de alface

**Ernane Ronie Martins (orientador)**  
ernane.ufmg@gmail.com  
**Daniel Souza Dias**  
baianodaniel@yahoo.com.br  
**Karoline Paulino Costa**  
karoline\_paulino21@hotmail.com

Devido à falta de informações sobre utilização e construção de sistema hidropônico vertical para produção de alface, objetivou-se desenvolver um sistema de baixo custo e viável. Ao final conseguiu-se um custo total médio de R\$ 0,37/planta e uma estrutura inovadora, sendo que não há nenhuma disponível no mercado.

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG/Montes Claros

## Engenharia de Produção

**Palavras-chave:** Lixo. Lixeira automatizada. Coleta seletiva. Reciclagem. Desenvolvimento de produtos.

### Lixeira de coleta seletiva automatizada

**Marcelo Silva Figueiras (orientador)**  
marcelo.silva@ifmg.edu.br  
**Erick Fonseca Boaventura**  
ericksofty\_19@hotmail.com

O trabalho propõe o desenvolvimento de uma lixeira de coleta seletiva automatizada que irá garantir que o lixo seja separado corretamente. Com sua implantação em uma escola, percebeu-se uma grande aceitação, recolhendo em média 469 objetos diariamente. Este projeto é uma inovação que facilitará as futuras reciclagens.

Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG/Governador Valadares

*Engenharia Civil*

**Palavras-chave:** Dispositivos de drenagem. Aquaplanagem. Segurança.

### Os dispositivos de drenagem como elucidação aos acidentes ocasionados por aquaplanagem na BR-050: um estudo de caso entre Uberaba e Uberlândia.

**Luis César de Oliveira (orientador)**

gestorengenhariacivil@uniube.br

**Jéssica Carolina Alves da Silva**

jessica.carolina.as@gmail.com

**Natália Harumi Nishicava**

naty\_harumi@hotmail.com

Este projeto tem como finalidade estudar os dispositivos de drenagem atuantes na BR-050, entre Uberaba e Uberlândia, visto que neste trecho há um índice considerável de acidentes devido à aquaplanagem. Ao final desta pesquisa serão apresentadas medidas para melhoramento na durabilidade, funcionalidade e, conseqüentemente, para a segurança dos usuários.

Universidade de Uberaba - UNIUBE

*Engenharia Elétrica/Eletrônica*

**Palavras-chave:** Energia. Solar. Captação. Automação. Renováveis.

### Posicionador Automático de Energia Solar - Paes

**Alcebiades Fernando de Oliveira Trindade (orientador)**

alcebiadesfot@gmail.com

**Lucas Gomes Martins**

lucas8877@yahoo.com.br

**Thiago Gonçalves Sousa**

thiago\_engca14@hotmail.com

Visando otimizar a captação de energia renovável através do uso de placas solares, os sistemas atuais permitem máxima captação de energia solar apenas em parte do dia com incidência direta. Usando eletrônica e automação foi possível gerar máxima energia durante todo o período de incidência solar e finalmente mostrar que é possível investir em fontes de energia renováveis com baixo impacto ambiental.

Faculdade Pitágoras/Ipatinga

*Engenharia Elétrica/Eletrônica*

**Palavras-chave:** Segurança. Roubo de veículos. Monitoramento. Sistema autônomo. Visão computacional. Redes neurais.

### Sistema Brasileiro de Reconhecimento Automático de Veículos - Sibrave

**Alan Mendes Marotta (orientador)**

alan@div.cefetmg.br

**Guilherme Gazzineli Rohrman**

guilherme.gazzinelli@gmail.com

**Guilherme Menezes Costa**

guilherme.menezes.eng@gmail.com

O sistema tem como objetivo criar uma rede de monitoramento distribuída buscando veículos roubados. Utilizando um equipamento que, idealmente seria instalado em ônibus do sistema de transporte público, o sistema captura imagens e as analisa utilizando algoritmos de visão computacional e redes neurais para a identificação dos caracteres das placas.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG/Divinópolis

*Engenharia Mecânica/Metalúrgica*

**Palavras-chave:** Autopeças. Carros. Caminhões. Automotivo. E-commerce.

### Peça agora

**Luiz Henrique Dias Alves (orientador)**

luiz.alves@ufff.edu.br

**Felipe Lima Bronté**

felipe@optsolucoes.com

**Frederico Souza Picorelli Assis**

frederico@optsolucoes.com

**Nuno Filipe Balhau Pires**

nuno@optsolucoes.com

O Peça Agora ([www.pecaagora.com](http://www.pecaagora.com)) é a solução de compra de autopeças. O shopping online oferta os produtos automotivos de diversas fábricas e distribuidores do setor, tendo um grande portfólio para atender de maneira ágil e simples empresas e proprietários de carros, caminhões e máquinas.

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

*Engenharia Mecânica/Metalúrgica*

**Palavras-chave:** Sensor. Tecnologia assistiva. Deficiência visual. Inovação.

### Sensor de obstáculos aéreos

**Marcos Vinicius Bortolus (orientador)**

borta@demec.ufmg.br

**Emanuel Reis de Melo**

emanuel.reis@yahoo.com.br

**Suelen Tompson Souza**

sussurosinha@hotmail.com

O sensor de obstáculos aéreos é uma tecnologia assistiva criada para auxiliar pessoas com deficiência visual a se desviarem de objetos que a bengala convencional não detecta, como galhos, placas e orlhões. Tal tecnologia se baseia em um sensor acoplável a quaisquer óculos escuros e que, emite um bip gradual assim que detecta um objeto. Este bip tende a aumentar caso o indivíduo se aproxime. A grande inovação é o baixo custo de produção deste sensor de obstáculos aéreos.

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

*Engenharia Mecânica*

**Palavras-chave:** Segurança. Veículos Articulados. Ônibus articulado. Carreta. Retrovisor automático. Visibilidade.

### Sistema de regulação automática para espelhos retrovisores de veículos articulados

**Igor Batista (orientador)**

igor.batista@anhanguera.com

**Gabriel Hamdan Ferreira**

ghamdan.eng@gmail.com

Manobrar veículos articulados exige grande perícia do condutor principalmente em manobras à ré, pois estes veículos oferecem visibilidade traseira limitada. Este inovador sistema atua regulando os espelhos laterais automaticamente nas situações em que o motorista perca a visibilidade da parte posterior do veículo, aumentando a segurança, o conforto e a produtividade.

Faculdade Anhanguera de Belo Horizonte

### Engenharia Química

**Palavras-chave:** Biodigestor anaeróbio. Pirólise. Biocarvão. Biofertilizante. Biogás. Sustentabilidade ambiental.

### Tecnologias para a gestão integrada e sustentável de resíduos orgânicos

**Bruno Meireles Xavier (orientador)**  
bmxavier2@gmail.com / bmxavier@ufsj.edu.br  
**Alexandre Campos Pena**  
alexandrecampospena@hotmail.com  
**Gabriele Pâmela Silva Pinto**  
gabipsp@hotmail.com  
**Igor Andrade Figueiredo de Souza**  
igorafsouza@gmail.com  
**Lorena de Oliveira Felipe**  
lorenaob@gmail.com  
**Sílvia Natália Guimarães Lima**  
silvia-lima18@hotmail.com

Neste projeto apresentamos uma tecnologia que permite o tratamento de resíduos urbanos promovendo a fixação de carbono, geração de energia e aumento da fertilidade do solo, por meio da integração da tecnologia de pirólise e de biodigestão em reatores anaeróbios de leito fixo em um modelo inovador de gerenciamento de resíduos.

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ/Alto Paraopeba

### Engenharia Civil

**Palavras-chave:** Papel reciclado. Sustentabilidade. Engenharia. Ensino. Tijolo.

### Tijolo de papel e cimento

**Ricardo Botelho Campos (orientador)**  
ricardo.campos@doctum.edu.br  
**Jéssica Cristina Pires Lopes**  
jessicristinapl@hotmail.com  
**Sabrina Kelly Mota Gonçalves**  
eng.sabrinakelly@gmail.com

O tijolo de papel visa reduzir custos na fabricação de tijolos, pois, utiliza papel reciclado e o resultado é um produto leve, resistente, isolante acústico e térmico. O tijolo de papel apresenta um formato bem fácil de ser empregado na construção civil, pois, eles se encaixam perfeitamente agilizando e facilitando o processo construtivo.

Instituto Tecnológico de Caratinga - ITC

### Engenharia Elétrica/Eletrônica

**Palavras-chave:** Viabilidade. GLP. Indústria. Produtividade.

### Viabilidade econômica do GLP em fornos elétricos de altas temperaturas

**Hugo Rodrigues Vieira (orientador)**  
hugo.vieira@unis.edu.br  
**Eduardo Henrique Ferroni (coorientador)**  
ferroni@unis.edu.br  
**Antonio Henrique de Souza**  
**Elber Tavares de Oliveira**  
**Fabício Morales de Oliveira**  
manut1@sisponto.com.br  
**Henrique Silva Vilela**  
hvilelavilela@gmail.com  
**José Antonio de Almeida**  
jalmeida@estrela.com.br

O trabalho avalia a viabilidade da utilização do gás GLP em comparação ao consumo de energia elétrica. O foco principal é o estudo de viabilidade econômica realizado através de levantamentos técnicos de dados de consumo e através de pesquisa em campo de fornos de alta temperatura utilizados na indústria, obtendo a soma da eficiência energética e produtividade.

Centro Universitário do Sul de Minas - Unis

### Engenharia Mecânica

### Dispositivo para ensaio da resistência mecânica de chapas unidas por soldagem por pontos

**Alexandre Queiroz Bracarense (orientador)**  
**Bruno Silva Cota**  
**Carolina Martins Abreu**  
**Aquila Capeli Caldeira Pereira**

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

### Engenharia Civil

### Tecnologia na produção de fibrocimento com resíduos provenientes da queima filtrada de pneus em reator pirolítico

**Giovanni Francisco Rabelo (orientador)**  
**David Cardoso Dourado**

Universidade Federal de Lavras - UFLA

## Projetos de Eficiência Energética são selecionados através de Chamada Pública

Mais de R\$4 bilhões já foram investidos através das empresas de distribuição de energia

**H**á 15 anos, com o intuito de diminuir o desperdício de energia elétrica e fomentar a pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética, foi sancionada a Lei 9.991/2000, que estabeleceu que todas as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica devem aplicar anualmente 0,5% de sua receita líquida em um Programa de Eficiência Energética (PEE). Os projetos podem ser de melhoria de instalação industrial, residencial ou comercial, no poder público, serviços públicos, iluminação pública, distribuição em áreas rurais ou até mesmo de eficiência energética em comunidades de baixa renda.

Em 2015, os investimentos passaram a ser por meio de Chamadas Públicas, em que as empresas de distribuição recebem os projetos diretamente de consumidores, comerciantes, fabricantes ou de empresas especializadas, conhecidas como Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCOs). As concessionárias podem realizar chamadas públicas em qualquer período do ano, seguindo as definições da Resolução 556/2013 da Aneel.

Para o engenheiro eletricista Jaime Buarque de Hollanda, diretor-geral do Instituto Nacional de Energia Elétrica (Ineel), o investimento dos PEE pode se justificar econômica e ambientalmente. “A explicação ambiental é que todo uso de energia tem efeitos ambientais negativos. Em outras palavras, não existe ‘energia limpa’ e investir em equipamentos mais eficientes reduz esses efeitos”, explica.

Economicamente, o investimento beneficia tanto as empresas concessionárias de energia quanto os consumidores. “Há casos em que é mais conveniente que o investimento seja feito junto ao consumidor. Por isto, as concessionárias modernas e que sabem onde estão as melhores oportunidades investem em aumentar a eficiência deles, com quem repartem os ganhos”, argumenta Jaime de Hollanda.

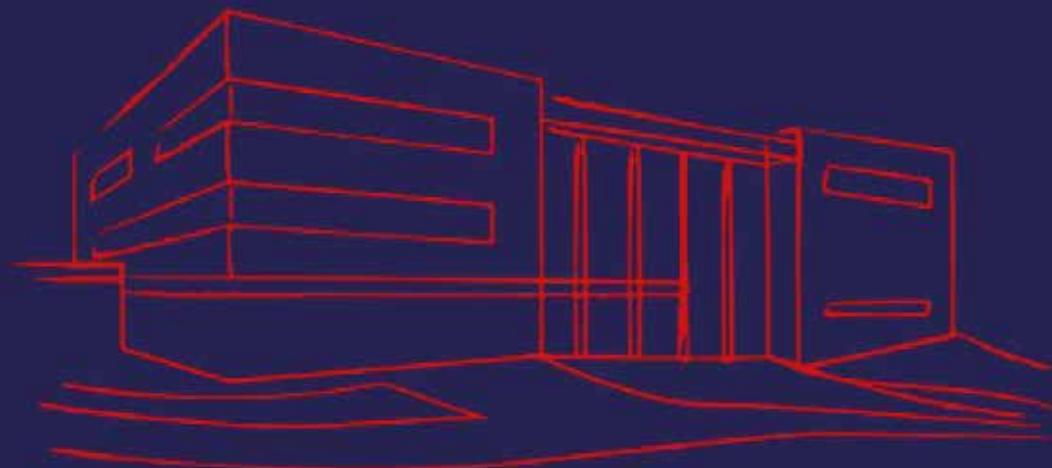
### Projeto do Crea-Minas é selecionado

*Na Chamada Pública feita pela Cemig em 2015, foram apresentados 15 projetos, dos quais três foram aprovados. Um deles é a substituição de equipamentos de ar condicionado do prédio sede do Crea-Minas, em Belo Horizonte. Atualmente cerca de 50% do consumo de energia elétrica da sede do Conselho é relativo ao uso de ar condicionado. De acordo com o engenheiro civil Tubias Olmo Salvador, gerente de obras do Crea-Minas, o projeto visa “aumentar o conforto de todos com praticamente o mesmo consumo”.*

*O projeto prevê a substituição de dois chillers por aparelhos mais modernos, que podem dobrar a capacidade de refrigeração e consumindo menos. A fase classificatória se encerrou em novembro e, caso o projeto seja selecionado, a assinatura do convênio e início das obras deve ocorrer em janeiro de 2016.*

No acumulado dos 15 anos de PEE, segundo dados da Aneel, R\$ 4,6 bilhões foram investidos em projetos desse tipo, gerando uma economia de energia de 8,5 terawatts por ano e uma redução da demanda no horário de pico de 2,5 GW. Só nos últimos seis anos, a Aneel contabiliza a troca de 29.228.914 lâmpadas por modelos mais eficientes através dos vários PEE. Outros equipamentos trocados foram 1.101.291 geladeiras, 48.875 aparelhos de ar condicionado, além da instalação de 105.118 sistemas de aquecimento solar.

# Sicepot-MG: trabalhando para o desenvolvimento da Construção Pesada.



Parceria, união e profissionalismo são a base do trabalho das 5 Comissões do Sindicato:

Meio Ambiente



Saúde e Segurança



Equipamentos



Recursos Humanos



Relações Trabalhistas



**SICEPOT MG**

Sindicato da Indústria da Construção  
Pesada no Estado de Minas Gerais

Conheça o trabalho das comissões em [www.sicepot-mg.com.br](http://www.sicepot-mg.com.br)

**MUITOS** SAEM PELAS RUAS  
DETERMINADOS A CHEGAR  
A ALGUM LUGAR. **MUITOS**  
QUEREM FAZER BEM FEITO  
O QUE FAZEM TODOS OS DIAS.  
**MUITOS** NÃO DESISTEM  
NEM QUANDO MUITOS  
PENSAM EM DESISTIR.  
**MUITOS** ENXERGAM LONGE  
E SÓ VEEM FUTURO NO  
DESENVOLVIMENTO QUE NÃO  
DESTRÓI. **MUITOS** ESTÃO  
CONSTRUINDO ESTE PAÍS.  
**E, PORQUE SOMOS MUITOS,**  
**SOMOS FORTES.** NÓS SOMOS  
A FORÇA DA INDÚSTRIA.

**A FORÇA DE  
QUEM' FAZ.**

FIEMG  
CIEMG  
SESI  
SENAI  
IEL

Sistema  
**FIEMG**