

**CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico**

*Projeto*

**Consolidação das Linhas de Pesquisa em Computação de Alto  
Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional do  
PPGI-UFES**

Linhas de Pesquisa em Computação de Alto Desempenho, Otimização e  
Inteligência Computacional do Programa de Pós-Graduação em Informática da  
UFES

## 1. Introdução

---

Este Projeto tem como objetivo central consolidar as linhas de pesquisa em Computação de Alto Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), contando para isso com o apoio dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ, área interdisciplinar de Computação de Alto Desempenho. Visa dar continuidade aos avanços alcançados com os projetos “Fortalecimento das Áreas de Computação de Alto Desempenho, Inteligência Computacional e Otimização do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES - FACADOIC” e “Fortalecimento das Áreas de Computação de Alto Desempenho e Inteligência Computacional do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES - FACADIC”, apoiados pelo CNPq em editais Casadinho anteriores.

Serão realizados trabalhos conjuntos entre as equipes da UFES e da COPPE envolvendo a pesquisa sobre modelagem e simulação em sistemas computacionais de alto desempenho nos seguintes temas: (i) estratégias de implementação do método dos elementos finitos utilizando processamento de alto desempenho; (ii) modelos matemático-computacionais de cognição visual aplicados aos problemas de mapeamento e localização simultâneos (*Simultaneous Localization and Mapping - SLAM*) e navegação de veículos autônomos. Além disso, técnicas de Otimização Combinatória aplicáveis aos temas (i) e (ii) serão investigadas. Com este Projeto espera-se consolidar laços de cooperação para a investigação de questões científicas relevantes na área de Computação de Alto Desempenho, tanto entre os pesquisadores das duas universidades parceiras envolvidos no Projeto como no PPGI.

Os elementos integradores dos trabalhos de pesquisa a serem realizados nesse Projeto serão o estudo e o desenvolvimento de técnicas, algoritmos, metodologias, hardware e software para aplicações da computação paralela em mecânica dos fluidos, otimização combinatória e aprendizado de máquina. Aplicações práticas envolvem, dentre outras: problemas com múltiplas físicas acopladas (multifísicas) em dinâmica dos fluidos; redução dos custos das operações matriz-vetor necessárias nos métodos de solução de sistemas lineares não-estacionários de grandes dimensões; redução do tempo computacional para avaliação da matriz jacobiana na solução de problemas não lineares de grande porte de interesse segundo o método de Newton; tecnologias de campos eletromagnéticos envolvendo transformações de campos próximo e distante em antenas; predição do risco ou do valor futuro de ativos financeiros; seleção de características em problemas de reconhecimento de padrões; cômputo do caminho ótimo em problemas de navegação de veículos autônomos.

A continuidade das pesquisas em desenvolvimento e relacionadas com os projetos FACADOIC e FACADIC, assim como a investigação em conjunto dos novos temas que surgirem durante a realização destas pesquisas, trarão importantes frutos para os grupos de pesquisa do PPGI ligados ao Projeto e, como consequência, para todo o PPGI.

Os projetos FACADOIC e FACADIC trouxeram pesquisas, desenvolvimento tecnológico e orientações em conjunto em temas de alto interesse científico e tecnológico para a UFES e todo o estado do Espírito Santo. Graças a estes projetos, foi alcançada uma das metas mais importantes do PPGI, que foi a criação do curso de Doutorado em Ciência da Computação da UFES. A integração com programas consolidados da importância dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ, proporcionada pelo FACADOIC e FACADIC e reforçada por este Projeto, é fundamental para a consolidação deste recém criado curso de doutorado da UFES.

## 2. Programas de Pós-Graduação Participantes

---

O presente Projeto envolve: no programa não consolidado (Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES), pesquisadores associados às Linhas de Pesquisa em Computação de Alto Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional; e nos programas consolidados (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ), pesquisadores da Área Interdisciplinar de Computação de Alto Desempenho. A seguir, apresentamos breve histórico dos programas, listagem das áreas de concentração e linhas de pesquisa, projetos em

andamento e trabalhos científicos, tecnológicos e de inovação já desenvolvidos pelos grupos, evidenciando suas experiências prévias e potencialidades na área/tema do projeto.

## **Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES**

O Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGI) foi criado em 1994 com os seguintes objetivos:

- Formar, no estado do Espírito Santo, professores e pesquisadores para atuarem na área de informática em instituições de ensino e de pesquisa locais e nacionais;
- Oferecer formação tecnológica altamente especializada para empresas e instituições públicas estaduais e nacionais localizadas no estado;
- Contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico na área de Ciência da Computação no estado do Espírito Santo;
- Agregar um corpo de pesquisadores da área de informática na UFES visando ao desenvolvimento de pesquisas nos diversos campos da Ciência da Computação.

O PPGI teve uma evolução marcante ao longo dos seus 17 anos de existência: (i) de sua criação até 2011, o PPGI formou mais de 200 mestres; (ii) a maioria dos egressos do PPGI tem sido absorvida por grandes empresas que atuam no Espírito Santo, como Petrobras, Vale, ArcelorMittal, ou instituições de ensino e pesquisa públicas e privadas do estado e fora dele; (iii) o número de publicações por ano (artigos científicos em periódicos e conferências, livros etc.) passou de 8 em 1994 para cerca de 100 por ano a partir de 2008, totalizando cerca de 1000 publicações no período 1994-2011 (<http://ppgi.inf.ufes.br/publicacoes>); (iv) de um corpo docente reduzido no seu início, concentrado em poucas linhas de pesquisa e ancorado na produção intelectual de poucos dos seus membros, o PPGI evoluiu para um corpo docente altamente qualificado, titulado em universidades prestigiadas do Brasil, Europa e Estados Unidos, e atuando nas mais variadas áreas da ciência da computação. Este corpo docente mais diversificado e qualificado permitiu a abertura de novas linhas de pesquisa e possibilitou um aumento considerável da capacidade de orientação e produção científica.

O PPGI possui uma única área de concentração – Ciência da Computação – e quatro linhas de pesquisa:

- Computação de Alto Desempenho;
- Inteligência Computacional;
- Otimização; e
- Sistemas de Informação.

O Programa apresenta hoje uma distribuição equilibrada da sua produção intelectual entre os seus grupos de pesquisa, possui um número expressivo de projetos de pesquisa financiados por agências de fomento e uma produção intelectual qualificada em franco crescimento, além de uma boa inserção na comunidade científica nacional e internacional. Seus docentes desenvolvem atividades contínuas de colaboração científica com outros grupos de pesquisa do país e do exterior, geram projetos e artigos científicos em parceria, participam de bancas de mestrado e doutorado em Programas bem avaliados pela CAPES (6 e 7), são membros de comitês de programa de conferências nacionais e internacionais, participam da avaliação de periódicos e em seus comitês editoriais, e participam da organização de conferências científicas qualificadas. Tudo isso demonstra o amadurecimento do PPGI e contribui para sua visibilidade nacional e internacional.

A partir de 2007, o PPGI investiu na absorção de pesquisadores recém-doutores e também de pós-doutores que, junto com o corpo docente mais experiente do Programa, ampliaram substancialmente a produção qualificada do PPGI: em 2008 houve um aumento no valor do Igeral (ver Documento de Área da CAPES) do PPGI de 55% em relação a 2007 (19% no Igeral - ver Documento de Área); em 2009, um aumento de 10% em relação a 2008 (30% no Igeral). Contudo, em 2010, a produção qualificada do PPGI diminuiu: 10% no Igeral e 37% no Igeral com relação a 2009. Isso ocorreu principalmente devido ao término de importantes projetos de pesquisa (por exemplo, Classificação Automática em CNAE-Fiscal, um projeto financiado pela Receita Federal no valor de ~R\$3.000.000,00), e ao esforço associado à proposição de novos projetos de pesquisa de porte (por exemplo, NCAD: Núcleo de Excelência em Computação de Alto Desempenho e sua Aplicação em Computação Científica e Inteligência Computacional (PRONEX)). Mas, considerando os artigos submetidos e já aceitos em 2011, a produção voltará a aumentar este ano.

O PPGI viu ainda crescer o seu número de bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq, que passou de 1 (um) para 5 (cinco) bolsistas.

O corpo docente fortalecido e diversificado também atraiu novos financiamentos para projetos de pesquisa científica, além de novas oportunidades de desenvolvimento de atividades de P&D junto a empresas locais e nacionais. Várias parcerias foram estabelecidas com empresas locais, fundos setoriais e agências e fundações de apoio à pesquisa. Por meio destas parcerias foram financiadas bolsas de graduação e de pesquisador, além de equipamentos que totalizaram investimentos que superam R\$7.000.000,00 no período de 2007 a 2010.

Em 2008 o PPGI realizou uma reestruturação acadêmica e administrativa visando à criação de seu curso de Doutorado em Ciência da Computação e, em 2009, submeteu o projeto de criação deste curso à CAPES. O Doutorado em Ciência da Computação do PPGI foi aprovado em 2010 e já temos 5 doutorandos matriculados.

Nos últimos anos, o PPGI deu importantes passos na direção da sua consolidação como um Programa de Pós-Graduação de qualidade. Dando continuidade a estes avanços, o Programa estabeleceu critérios rígidos de permanência, baseados fundamentalmente na produção científica em periódicos e conferências qualificadas. Com tudo isso, e agora com o curso de Doutorado em Ciência da Computação, o PPGI entra em uma nova fase, com mais produção científica, tecnológica e na forma de inovação, e formação de pessoal ainda mais qualificado. Contudo, a cooperação entre os docentes das diferentes linhas de pesquisa e do programa com outros programas de pós-graduação consolidados do país e do exterior ainda pode ser em muito incrementada.

Esta proposta de continuação dos Projetos FACADIC e FACADOIC busca ampliar a cooperação entre as linhas de pesquisa em Computação de Alto Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional, e fortalecer a interação do PPGI com um programa consolidado, de modo a ampliar ainda mais a produção científica qualificada do PPGI e fortalecer o Programa como um todo, tendo como objetivo principal a consolidação do Curso de Doutorado em Ciência da Computação do PPGI.

## **Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ, área interdisciplinar de Computação de Alto Desempenho**

A COPPE/UFRJ – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – iniciou suas atividades em 1963, passando em 1965 a ser Órgão Suplementar da UFRJ, com a finalidade de promover e coordenar os cursos de pós-graduação *strictu sensu*, nos níveis de mestrado e doutorado nas diversas áreas da engenharia. A COPPE conta hoje com cerca de 300 professores, todos doutores em regime de dedicação exclusiva, mais de 170 técnicos de nível superior e um corpo discente de 3000 alunos de mestrado e doutorado.

O padrão de excelência da COPPE se reflete na produção acadêmica da Instituição. Anualmente são defendidos cerca de 150 teses de doutorado e 300 dissertações de mestrado, índices comparáveis aos principais centros de ensino e pesquisa do mundo. A produção científica da COPPE alcança uma média anual de 1400 artigos em congressos e revistas nacionais e internacionais.

A organização dos estudos em nível de pós-graduação na COPPE se dá, institucionalmente e regimentalmente, através de diversos programas que concentram suas atividades nas áreas de Engenharia Civil, Química, Mecânica, Elétrica, Metalúrgica e de Materiais, Produção, Oceânica, Nuclear, Biomédica, de Sistemas e Computação, e de Transportes e Planejamento Energético. Em anos recentes, em vários ramos do conhecimento científico e tecnológico, ficou evidenciada a necessidade de uma maior interação entre as várias áreas da Engenharia, caracterizada pela complementaridade e interdisciplinaridade.

O Núcleo de Computação Paralela, criado em 1988, atualmente denominado Núcleo de Atendimento em Computação de Alto Desempenho (NACAD) da COPPE representa uma iniciativa pioneira no Brasil na área de processamento de alto desempenho e vem contribuindo substancialmente para o desenvolvimento da informática nacional, nas áreas de pesquisa em sistemas computacionais para engenharia, metodologias de programação, linguagens e compiladores, algoritmos, sistemas operacionais e arquitetura de computadores. O curso de Mestrado e Doutorado na Área Interdisciplinar de Computação de Alto Desempenho, formado pelos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil (nível 7-CAPES), Programa de Engenharia de Sistemas e Computação (nível 7-CAPES) e pelo Programa de Engenharia Elétrica (nível 7-CAPES), objetiva oferecer uma visão ampla e atualizada das bases e formas de desenvolvimento tecnológico na área de Computação Científica. Do ponto de vista acadêmico/institucional, a criação deste curso consolidou e ampliou as atividades do Núcleo de

Computação de Alto Desempenho, facilitando e incrementando as articulações com os diversos Programas da COPPE atuantes nesta área.

### 3. Equipe dos Grupos de Pesquisa Participantes

A tabela abaixo apresenta, de forma sumária, a equipe deste Projeto.

**Tabela 1: Equipe do Projeto**

<b>Programa não Consolidado</b>				
<b>Nome</b>	<b>Titulação</b>	<b>Bolsista CNPq, Categoria- nível</b>	<b>Curso / Instituição</b>	<b>Função</b>
Alberto Ferreira De Souza <sup>1</sup>	Doutor	II	PPGI/UFES	Coordenador
Lucia Catabriga <sup>2</sup>	Doutor	II	PPGI/UFES	Vice- Coordenador
Claudine Santos Badue Gonçalves <sup>2</sup>	Doutor	II	PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
Andréa Maria Pedrosa Valli <sup>2</sup>	Doutor	Não	PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
Maria Cristina Rangel <sup>2</sup>	Doutor	Não	PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
Maria Cláudia Silva Boeres <sup>2</sup>	Doutor	Não	PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
Thomas Walter Rauber <sup>2</sup>	Doutor	Não	PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
Elias Silva Oliveira <sup>2</sup>	Doutor	Não	PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
Flávio Miguel Varejão <sup>2</sup>	Doutor	Não	PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
Fabio Daros de Freitas <sup>2</sup>	Doutor	Não	LCAD/PPGI/UFES	Pesquisador Doutor
<b>Programa Consolidado</b>				
<b>Nome</b>	<b>Titulação</b>	<b>Bolsista CNPq, Categoria- nível</b>	<b>Curso / Instituição</b>	<b>Função</b>
Álvaro Luiz Gayoso de Azeredo Coutinho <sup>2</sup>	Doutor	1A	PEC/COPPE/UFRJ	Pesquisador Doutor
José Luís Drummond Alves <sup>2</sup>	Doutor	1D	PEC/COPPE/UFRJ	Pesquisador Doutor
Claudio Luis de Amorim <sup>2</sup>	Doutor	1D	COS/COPPE/UFRJ	Pesquisador Doutor
Renato Nascimento Elias <sup>2</sup>	Doutor	II	NACAD/COPPE/UFRJ	Pesquisador Doutor
José Jeronimo Camata <sup>2</sup>	Doutor	Não	NACAD/COPPE/UFRJ	Pós-Doutor

Todos os doutorandos, mestrandos e alunos de IC mencionados no Apêndice 1 fazem parte da equipe do Projeto.

### 4. Mecanismos para Promover a Interação entre os Grupos

A intensificação da interação entre os grupos de pesquisa das duas universidades envolvidas neste Projeto será promovida principalmente por meio de missões de docência e

<sup>1</sup> O Prof. Alberto Ferreira De Souza declara aqui que foi indicado formalmente pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES como coordenador desta proposta.

<sup>2</sup> O(A) Pesquisador(a) concordou formalmente por escrito em participar deste projeto.

pesquisa, doutorados sanduíche e mobilidade de bolsistas de IC. Promoveremos ainda workshops, minicursos nos temas centrais de pesquisa, a participação conjunta nas principais conferências das áreas de pesquisa de interesse, áudio e vídeo conferências periódicas para a discussão das atividades de pesquisa em andamento, e o uso cooperado de recursos computacionais via Internet. Em geral, reuniões de trabalho nos modelos citados são mecanismos eficientes de troca de conhecimento e experiência, trazendo novas idéias e caminhos para a investigação dos problemas tratados no Projeto, além de permitir explorar as potencialidades dos vários participantes.

O compartilhamento de recursos computacionais como estratégia de interação trará também importantes benefícios para o PPGI, dada a grande quantidade e qualidade dos recursos para computação de alto desempenho disponível no NACAD e no LCP (ver Seção 7, abaixo). A proximidade geográfica das universidades envolvidas no Projeto também é um fator importante na viabilização dos mecanismos de interação propostos, assim como na viabilização da utilização conjunta dos recursos computacionais disponíveis nos Programas de Pós-Graduação envolvidos. Por fim, também como uma estratégia de interação, será mantido e continuamente atualizado coletivamente um site sobre o Projeto<sup>3</sup>, contendo as informações mais importantes sobre os avanços e resultados alcançados nas pesquisas, assim como o andamento das ações e metas de curto prazo estabelecidas nas reuniões de trabalho.

## 5. Projetos Casadinho Anteriores: FACADIC (2006-2008) e FACADOIC (2008-2011)

---

O núcleo central de pesquisadores da equipe proponente deste Projeto já teve aprovados dois projetos casadinhos anteriores: “Fortalecimento das Áreas de Computação de Alto Desempenho e Inteligência Computacional do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES - FACADIC” e “Fortalecimento das Áreas de Computação de Alto Desempenho, Inteligência Computacional e Otimização do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES - FACADOIC”. Estes projetos viabilizaram relevantes contribuições científicas e tecnológicas, e os apoios recebidos contribuíram significativamente para a melhoria do PPGI e para o fortalecimento dos grupos de pesquisa em Computação de Alto Desempenho, Inteligência Computacional e Otimização.

### Benefícios Proporcionados pelo Apoio Recebido

Graças aos Projetos FACADIC e FACADOIC, foi possível aprofundar a relação existente entre o PPGI e a COPPE na área de Computação de Alto Desempenho. Como resultado, elaboramos, submetemos e tivemos aprovado o projeto PRONEX “Núcleo de Excelência em Computação de Alto Desempenho e sua Aplicação em Computação Científica e Inteligência Computacional – NCAD” junto a FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo) / CNPq. Toda a equipe de pesquisadores do FACADOIC faz parte deste projeto. A aprovação do projeto NCAD demonstra que a equipe de pesquisadores do PPGI que participou do FACADOIC forma hoje um núcleo de excelência regional em pesquisa e pós-graduação.

Além disso, um dos membros do projeto FACADOIC participou como pesquisador colaborador em dois projetos de desenvolvimento da COPPE em parceria com a PETROBRAS (SimBR e Rede Galileu). Mais ainda, graças ao FACADOIC e o FACADIC, hoje mestres formados na UFES são bolsistas pós-doutores ou estão cursando doutorado em um Programa de Pós-Graduação nível 7, e estão desenvolvendo pesquisas em conjunto com professores do PPGI em temas ligados a este Projeto, inclusive com co-orientação de membros do PPGI.

Graças aos recursos recebidos, foi possível fortalecer o Núcleo de Inferência e Algoritmos (NINFA) com a aquisição de 5 computadores e uma impressora laser. Foram adquiridos 8 computadores com GPU CUDA *enabled* ([www.nvidia.com/cudazone](http://www.nvidia.com/cudazone)) para o LCAD, que tem viabilizado o estudo da programação paralela em C+CUDA (um dos pesquisadores do PPGI foi convidado a apresentar um tutorial sobre CUDA no SBAC-PAD'2008 e já publicamos diversos trabalhos sobre a paralelização de aplicações relevantes para execução em plataformas CUDA). Foi adquirido um *Laser Range Scan* para o LCAD que está viabilizando pesquisas na área de aprendizado de máquina voltado para percepção visuo-espacial de robôs. Foram adquiridas, também, máquinas para os Clusters Enterprise (<http://www.lcad.inf.ufes.br>) do LCAD e livros relevantes para alunos engajados em temas científicos relacionados a este Projeto. Os recursos recebidos viabilizaram, ainda, a participação de membros deste Projeto

---

<sup>3</sup> Ver sites de projetos anteriores em: <http://www.lcad.inf.ufes.br/wiki/index.php/Projetos>

em conferências para apresentação de trabalhos e viabilizaram a realização de Workshops dos projetos FACADIC e FACADOIC realizado em Vitória-ES, com a participação de todos os pesquisadores, alunos e técnicos envolvidos com estes projetos.

Neste ano de 2011, a equipe do PPGI neste Projeto organizou o *23rd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD'2011)* em Vitória-ES.

## **Necessidade de Continuidade do Apoio Recebido**

Os projetos FACADIC e FACADOIC viabilizaram, principalmente, o fortalecimento da área de Computação de Alto Desempenho do PPGI/UFES, através da promoção da integração com o grupo de pesquisadores da COPPE/UFRJ, trazendo projetos, orientação em conjunto e temas de alto interesse tecnológico e científico para a UFES e todo o estado do Espírito Santo. Uma das metas mais importantes do PPGI era a criação do seu curso de doutorado, que foi criado em 2010, e a integração com programas consolidados da importância dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ foi fundamental para a viabilização dessa meta.

A continuidade das pesquisas em desenvolvimento e relacionadas com os projetos FACADOIC e FACADIC, assim como a investigação em conjunto dos novos temas que surgiram durante a realização destas pesquisas, trarão importantes frutos para os grupos de pesquisa do PPGI ligados a este Projeto e, como consequência, para todo o PPGI.

O apoio recebido do CNPq possibilitou a participação dos pesquisadores do PPGI em congressos importantes das áreas de pesquisa deste Projeto, assim como a manutenção e atualização da infra-estrutura computacional de laboratórios do PPGI, em particular a manutenção e atualização da infra-estrutura para a computação de alto desempenho do LCAD (seus clusters).

Pelo fato do PPGI possuir poucos pesquisadores do CNPq, este tipo de apoio se constitui em importantíssima fonte de recursos para os grupos de pesquisa do Programa – antes dos projetos FACADIC e FACADOIC, o PPGI possuía apenas um pesquisador do CNPq, e com estes projetos, mais dois professores se tornaram pesquisadores do CNPq. Mais ainda, com a continuidade dos projetos FACADIC e FACADOIC, o aumento resultante da produção científica do grupo trará impacto positivo na avaliação do PPGI junto à CAPES, viabilizando a consolidação do curso de doutorado.

A possibilidade de realização de reuniões em conjunto (e/ou workshops) traz também benefícios importantes para o andamento das pesquisas, além de possibilitar o surgimento de novas idéias e temas que podem potencializar os resultados já obtidos.

Em razão de tudo isso, a renovação do apoio é de grande importância para dar continuidade a essas ações, que tem trazido resultados científicos, tecnológicos e práticos importantes, e que são fundamentais para o alcance de um resultado de ainda maior magnitude: a consolidação do Doutorado em Ciência da Computação do PPGI.

No Anexo 1 apresentamos um relatório dos resultados alcançados com os projetos casadinho anteriores: FACADIC (2006-2008) e FACADOIC (2008-2011).

## **6. Caracterização dos Problemas que Serão Investigados**

---

Com o apoio a este Projeto, buscaremos principalmente fortalecer duas importantes linhas de investigação hoje sendo desenvolvidas pela equipe proponente: (i) estratégias de implementação do método dos elementos finitos utilizando processamento de alto desempenho; e (ii) modelos matemático-computacionais de cognição visual aplicados aos problemas de mapeamento e localização simultâneos e navegação de veículos autônomos. Buscaremos, também, avançar com nossas pesquisas em outros temas ligados a computação de alto desempenho, otimização e inteligência computacional.

### **Estratégias de Implementação do Método dos Elementos Finitos utilizando Processamento de Alto Desempenho**

O uso de métodos computacionais para simular fenômenos físicos possibilitou avanços significativos em tecnologias que afetam praticamente todos os aspectos da vida humana. Tal uso na dimensão observada atualmente é consequência da crescente oportunidade de se integrar e estender as capacidades de modelagem e simulação computacional em larga-escala com as tecnologias emergentes de tratamento, visualização e extração do conhecimento de

grandes massas de dados, computação distribuída e em grade, e o desenvolvimento da infraestrutura de redes de altas velocidades [ODE03, BEL04].

Porém, mesmo relevando os últimos avanços obtidos com as redes de interconexão de altíssima velocidade, memórias de baixa latência e poderosas arquiteturas multiprocessadas, com o aumento explosivo das massas de dados e a necessidade premente de modelos matemáticos e técnicas de solução para problemas multi-física, simulações e aplicações paralelas de grande porte – tão vitais para inúmeros ramos da indústria – ainda constituem um desafio para engenheiros e cientistas. Observa-se uma necessidade crescente de novas metodologias voltadas para simulações de problemas envolvendo múltiplas escalas espaciais e temporais e múltiplas físicas acopladas. Encontram-se desafios desta natureza em diversos problemas das ciências tendo em comum a necessidade de ferramentas de simulação adequadas, envolvendo os modelos matemáticos e sua discretização, técnicas de solução para problemas multi-física, simulação multi-escala, solucionadores rápidos e protótipos de sistemas computacionais para simulações em larga escala.

Com o apoio a este projeto, avançaremos em nossas investigações sobre novas formulações e técnicas de implementação do método dos elementos finitos, e novas estratégias de solução dos sistemas lineares resultantes não só de formulações de elementos finitos, mas também, de diferenças finitas ou volumes finitos. Além disso, serão investigadas estratégias para manipulação mais eficiente de matrizes esparsas de grande porte utilizando modelos e técnicas de Computação Científica Combinatória [HEN07], área multidisciplinar que envolve teoria e métodos de Computação Científica e Otimização Combinatória.

## **Modelos Matemático-Computacionais de Cognição Visual Aplicados aos Problemas de Mapeamento e Localização Simultâneos e Navegação de Veículos Autônomos**

As imagens projetadas dentro de nossos olhos mudam todo o tempo por conta do movimento dos olhos ou do nosso corpo como um todo. Contudo, em um aparente paradoxo, percebemos o mundo retratado nas imagens capturadas pelos olhos como estável. Além disso, as imagens projetadas nas retinas humanas são bidimensionais; entretanto, o cérebro é capaz de sintetizar uma representação tridimensional estável a partir delas, com informações sobre cor, forma e profundidade a respeito dos objetos no ambiente ao nosso redor, eliminando os efeitos dos movimentos dos olhos e do corpo.

O sistema visual biológico viabiliza a nossa movimentação (navegação) através do ambiente 3D de forma precisa. Assim, a modelagem das funcionalidades do sistema visual biológico pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas de localização e mapeamento simultâneos (*Simultaneous Localization And Mapping* – SLAM [THR05]) de veículos autônomos.

SLAM é talvez o problema mais fundamental da robótica autônoma. Veículos robóticos autônomos necessitam saber onde estão em sua área de atuação para navegar nela e realizar atividades de interesse. Correntemente, as abordagens probabilísticas têm se mostrado as mais apropriadas para resolver os problemas de SLAM [THR05] e navegação. Com o apoio a este Projeto, avançaremos em nossas investigações sobre modelos matemático-computacionais de cognição visual (compreensão do mundo e das idéias por meio da visão) aplicados aos problemas de mapeamento e localização simultâneos e navegação de veículos autônomos. Para isso, aprofundaremos nossos estudos sobre a biologia da cognição visual e nossas investigações sobre novos modelos matemático-computacionais de áreas do cérebro envolvidas com a cognição visual. Estes modelos, dada sua complexidade (número de neurônios, número de sinapses e outros parâmetros correlatos), demandam grande esforço computacional. Assim, com o apoio a este Projeto, será possível buscar soluções de computação de alto desempenho para o problema de SLAM baseadas em cognição visual. Inserido no contexto de SLAM está o estudo de algoritmos de otimização aplicados a sistemas de navegação. Tais sistemas permitem que veículos tomem decisões automaticamente e determinem mudanças de comportamento para alcançarem algum objetivo estabelecido [LAU98].

## **Outros Temas de Pesquisa Ligados a Computação de Alto Desempenho e sua Aplicação em Computação Científica e Inteligência Computacional**

Além dos tópicos centrais de investigação discutidos acima, com este projeto buscaremos avançar com nossas pesquisas sobre programação de sistemas many-core, aplicações de redes neurais sem peso VG-RAM e transformações de campos próximo e distante em antenas.

Atualmente, processadores multi-core tiram proveito do número de transistores disponível em um único CI para disponibilizar hardware próprio para a exploração do paralelismo de grão grosso existente nas aplicações. Contudo, a indústria de processadores caminha rapidamente para sistemas many-core [MAN07], com dezenas ou centenas de núcleos de processamento. Muito embora sistemas com múltiplos processadores estejam entre nós desde a década de 1960 e tenham sido muito estudados nas décadas de 1980 e 1990 [HEN06], mecanismos eficientes de programação de sistemas many-core, que tirem proveito de paralelismo de grão grosso e de grão fino das aplicações, até recentemente ainda não existiam. Neste contexto surge a Compute Unified Device Architecture (CUDA [NIC08]), uma nova arquitetura paralela exposta ao programador por meio de uma pequena extensão da linguagem de programação C. CUDA foi desenvolvida dentro do escopo da indústria de processadores gráficos (Graphics Processing Unit – GPU). Diferente das unidades centrais de processamento (Central Processing Units – CPUs), que apresentaram uma melhoria de desempenho modesta nos últimos anos, o desempenho das GPUs cresceu enormemente [NVI08]. Neste projeto investigaremos o uso de C + CUDA na implementação paralela de aplicações de interesse nas áreas de Computação Científica e Inteligência Computacional.

Redes Neurais Sem-Peso (Weightless Neural Networks - WNN), são redes neurais artificiais que guardam conhecimento em memórias do tipo RAM (Random Access Memories) que ficam em seus neurônios [ALE66, LUD99] ao invés de nos pesos das sinapses, como é o caso da maioria dos modelos de redes neurais artificiais [HAY99]. Os neurônios WNN operam com valores de entrada binários e usam RAMs como tabelas-verdade, i.e. as sinapses de cada neurônio coletam um vetor de bits de sua entrada, que é usado como endereço da memória RAM: os possíveis valores de saída aprendidos pelo neurônio ficam armazenados na memória RAM. O treinamento de WNN pode ser feito em um único passo e consiste basicamente em armazenar os valores de saída desejados nos endereços associados aos respectivos vetores de entrada apresentados aos neurônios.

Apesar da notável simplicidade, WNN são muito efetivas como ferramentas de reconhecimento de padrões, oferecendo treinamento rápido e fácil implementação. No entanto, se o tamanho da entrada da WNN for muito grande, o tamanho das RAM (número de posições disponível para escrita) se torna proibitivo, já que é igual a  $2^{\text{tamanho da entrada}}$  (dois elevado ao número de bits da entrada). As WNN do tipo Virtual Generalizing RAMs (VG-RAM) [ALE98] são WNN que requerem somente capacidade de memória suficiente para guardar dados relacionados ao conjunto de treinamento. Pesquisadores da equipe deste Projeto as aplicaram em diversos problemas relevantes, como o controle de vergência em sistemas de visão artificial [KOM02], reconhecimento de faces [DES08b] e categorização automática de texto [BAD08, DES07, DES08a, DES08c]. Contudo, nestas aplicações práticas ficou evidenciado que VG-RAM WNN apropriadas possuem milhares de neurônios, cada um com centenas de sinapses. Assim, aplicações práticas podem se beneficiar de computação de alto desempenho. Neste Projeto será investigada a aplicação de VG-RAM WNN implementadas em C+CUDA na (i) seleção de carteiras de investimento baseadas em previsão em tempo real, (ii) categorização automática de texto em larga escala (Internet e grandes bases de conhecimento), e (iii) cognição visual artificial. Todas estas aplicações demandam alto desempenho computacional.

Outra aplicação que será implementada em C+CUDA neste projeto envolve a tecnologia de campos eletromagnéticos. Existem muitas aplicações onde o campo eletromagnético é conhecido em uma superfície e deseja-se determinar o campo em outro lugar. Um exemplo é quando o campo é especificado na abertura de radiação da antena ou outro campo próximo e deseja-se obter o campo distante. Um sistema de medição de campo próximo é geralmente aplicado em interiores de câmaras anecóicas, ocupando relativamente pouco espaço quando comparado com um campo distante. O funcionamento básico consiste em posicionar uma sonda em pontos próximos da superfície da antena sob ensaio, obtendo-se uma matriz de medidas de amplitude e fase nas superfícies em torno desta (campo próximo), permitindo posteriormente através de técnicas de processamento, saber qual o seu comportamento em campo distante e outros parâmetros de interesse. Assim, através de medições sob condições muito mais favoráveis e menos custosas do campo próximo é possível calcular o campo distante. Em geral, é preciso determinar o campo eletromagnético para um espectro grande de frequências envolvendo a solução do problema para mais de 1000 diferentes frequências. A idéia é, além de implementar uma solução utilizando conceitos de elementos finitos [CAR86], paralelizar o problema utilizando sistemas many-core. Este tipo de solução pode ser uma alternativa bastante interessante para a indústria de medição de antenas na determinação do campo distante utilizando medições do campo próximo.

Basicamente, em uma região livre de fontes eletromagnéticas, a especificação do campo eletromagnético em uma região fechada é suficiente para determinar o campo em qualquer

outro lugar desde que algumas condições adicionais sejam satisfeitas [ADA41,HAR01]. Mais especificamente, suponha que o campo eletromagnético existe em uma região fora de uma esfera de raio  $r_0$  (a qual inclui todas as fontes). Então, conhecendo as componentes tangenciais do campo eletromagnético na superfície de uma esfera de raio  $r_1 \geq r_0$  é possível representar o campo eletromagnético como uma soma de harmônicos esféricos e determinar os coeficientes desta representação de forma única para qualquer ponto  $r \geq r_1$  [POT67, LUD71, SAR97]. Em particular, é possível determinar o campo distante. Para isso, é preciso resolver uma integral na superfície da esfera de raio  $r_1$  para cada coeficiente da expansão em harmônicos esféricos, interpolando os valores do campo próximo obtidos experimentalmente [PRE92]. Este processo deve ser repetido para cada uma das frequências de interesse, demandando, em casos práticos, computação de alto desempenho. Investigaremos sua implementação em paralelo usando C+CUDA.

## 7. Objetivos e Metas

---

O principal objetivo deste Projeto é o fortalecimento das áreas de Computação de Alto Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional e o conseqüente fortalecimento do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES. Outros objetivos deste projeto são: o aumento do número de publicações em revistas científicas relevantes, o aumento do envolvimento dos alunos em publicações e participação em eventos científicos, e o aumento da produção de patentes e outros instrumentos de propriedade intelectual.

### Metas

As metas deste projeto são:

1. Orientar 5 alunos de doutorado
2. Orientar 10 alunos de mestrado
3. Orientar 10 bolsistas de iniciação científica
4. Publicar 10 artigos nacionais ou internacionais em conferências relevantes
5. Publicar 10 artigos em revistas científicas internacionais relevantes

## **Plano de incremento da produção científica, tecnológica e/ou de inovação com o envolvimento dos alunos**

O Projeto envolve um total de 25 alunos, dentre alunos de doutorado, mestrado e iniciação científica. A realização de missões de estudo por parte dos alunos da UFES envolvidos, principalmente os de pós-graduação, propiciará um incremento significativo na produção científica, tecnológica e de inovação do PPGI. As experiências vividas pelos alunos nas missões de trabalho contribuirão para sua formação e maturidade científica, e contribuirão para aumentar o envolvimento dos alunos nas publicações em parceria com os pesquisadores das instituições consolidadas, com reflexo positivo em sua carreira futura.

Os pesquisadores do projeto também realizarão missões de estudo, mas em muito menor escala. Elas serão principalmente direcionadas à formação dos alunos e à cooperação entre pesquisadores do Projeto por meio dos trabalhos de pesquisa de doutorado, mestrado e IC.

## **8. Estado-da-Arte da Pesquisa**

---

### **Estratégias de Implementação do Método dos Elementos Finitos Utilizando Processamento de Alto Desempenho**

Hoje em dia, a única abordagem genérica e escalável para tratar modelos matemáticos e técnicas de solução para problemas multifísica tem sido o paradigma de troca de mensagens. Esse, no entanto, historicamente possui duas deficiências: (1) a pobre portabilidade, advinda da fraca padronização; e (2) a dificuldade, vivenciada por muitos programadores, em desenvolver, com produtividade, códigos eficientes.

A MPI (Message Passing Interface), um padrão ao qual vários fabricantes de sistemas computacionais de alto desempenho têm aderido, nasceu justamente para suprir a primeira deficiência mencionada acima. Por outro lado, a segunda deficiência é mais delicada; contudo, ela vem sendo atenuada graças à construção de bibliotecas numéricas que se fundamentam em práticas modernas de engenharia de software.

Nesse contexto, a PETSc (Portable and Extensible Toolkit for Scientific Computation) [BAL04] assume um papel de importância. Fruto de um longo e contínuo esforço do Argonne National Laboratory, Chicago (EUA), a biblioteca PETSc emprega o padrão MPI para tratar a comunicação inter-processos e, nos últimos anos, vem sendo amplamente usada em múltiplas áreas da Computação Científica. Sua missão é dar suporte à solução de equações diferenciais parciais e, para tanto, disponibiliza diversas ferramentas, como solvers lineares e não-lineares, formatos de armazenamento otimizado de matrizes esparsas, pré-condicionadores e reordenamento nodal, adotando sempre a orientação a objetos a fim de encapsular detalhes referentes à implementação das operações internas e, dessa forma, promover uma sinergia entre transparência de uso e ganho em desempenho.

Para simulações via método dos elementos finitos não podemos deixar de citar a biblioteca LibMesh [KIR06], em desenvolvimento no Computational Fluids Dynamics Laboratory, University of Texas, Austin (EUA). A LibMesh também é uma biblioteca de domínio público com código aberto, desenvolvida para solucionar sistemas de equações diferenciais pelo método dos elementos finitos considerando técnicas adaptativas que permitem ajustar a discretização de acordo com as necessidades da análise. A biblioteca PETSc é utilizada para solução dos sistemas lineares gerados pela formulação de elementos finitos. Adaptatividade é uma importante técnica para solucionar problemas complexos, mas dificulta o gerenciamento de um programa. São necessárias técnicas de implementação computacional eficientes de um método adaptativo que consiga representar as novas configurações da malha de elementos finitos ao mesmo tempo em que saiba lidar com a distribuição do domínio nos diversos processadores em paralelo [CAR97]. Assim o uso de uma biblioteca numérica que gerencia essas dificuldades libera o programador para se concentrar nos aspectos mais relevantes da simulação.

Recentemente foi apresentada a comunidade científica a biblioteca EdgePack [MAR07], também baseada no método dos elementos finitos apresentando um núcleo de procedimentos para desenvolver códigos seriais e paralelos para solução de equações diferenciais parciais. A biblioteca EdgePack utiliza uma inovadora estrutura de dados baseada nas arestas dos elementos para armazenar os coeficientes das matrizes resultantes [COU01, CAT02, ELI05]. Em geral, quando comparada com estratégias convencionais, a estratégia baseada nas arestas tem uma economia significativa tanto em termos de memória, quanto em tempo de processamento. A EdgePack é um projeto do Núcleo de Computação em Alto Desempenho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NACAD/UFRJ). Concomitantemente está em desenvolvimento no NACAD/UFRJ o solver EdgeCFD para simulações tridimensionais baseadas em formulações estabilizadas do método dos elementos finitos de escoamentos incompressíveis e compressíveis utilizando a biblioteca EdgePack. Pesquisadores deste projeto participam do desenvolvimento da biblioteca EdgePack e do solver EdgeCFD.

Em geral os métodos iterativos não-estacionários baseados nos espaços de Krylov são preferencialmente utilizados para a solução de sistemas lineares esparsos de grande porte. O tempo de processamento desses métodos depende do custo de cada iteração que fundamentalmente depende da operação produto matriz-vetor. Algoritmos da área de Otimização Combinatória [PAP98] podem contribuir para reduzir o número de operações de ponto flutuante necessário no produto matriz-vetor. A aplicação isolada de algoritmos combinatórios em Computação Científica já vem acontecendo nas últimas três décadas, sem destacar mais explicitamente as potencialidades do uso de Otimização Combinatória. [HEN07] propõem a denominação Computação Científica Combinatória para a área multidisciplinar que envolve teoria e métodos de Computação Científica e Otimização Combinatória, facilitando a interação entre pesquisadores das duas áreas. O custo do produto matriz-vetor está diretamente associado às entradas não-nulas das linhas da matriz esparsa. Se as entradas não-nulas em cada linha estiverem em posições adjacentes, isto não só melhorará o acesso aos elementos correspondentes do vetor como também reduzirá a quantidade de memória indiretamente requerida para acessar os elementos da matriz. Uma maneira natural de melhorar o desempenho dessa operação é reordenar as colunas da matriz para aumentar o número de entradas não-nulas consecutivas em cada linha. Por exemplo, em [PIN99] é mostrado que este problema pode ser abordado como o Problema do Caixeiro Viajante e propõem técnicas para a sua solução.

O emprego de preconditionadores, que visam acelerar a convergência dos métodos iterativos não estacionários, é fundamental para solução de problemas de grande porte. Os preconditionadores baseados na decomposição LU são amplamente utilizados, sendo as operações básicas envolvidas similares matriz-vetor. Portanto, também justifica a aplicação de uma reordenação eficiente para matrizes. Neste contexto, em [GHI10] foram comparados quatro algoritmos de reordenamento de matrizes da literatura, quanto à qualidade de solução (minimização de largura de banda e minimização de envelope) e tempo de execução: Reverse Cuthill-McKee [CUT69], Gibbs-Poole-Stockmeyer [GIB76], Nested Dissection [GEO73] e Espectral [BAR95]. Com o objetivo de redução de tempo de execução foram propostas modificações tanto para o Reverse Cuthill-McKee quanto para o Nested Dissection. Testes computacionais foram realizados para um conjunto de matrizes estruturalmente simétricas oriundas de problemas de diversas áreas do conhecimento.

Em geral, o método de Newton é utilizado para aproximar problemas não lineares e em cada passo não linear, um sistema linear esparsos de grande porte é resolvido por um método baseado nos espaços de Krylov. Os cálculos que envolvem a matriz Jacobiana em cada iteração não linear devem ser realizados de forma eficiente. Com o objetivo de reduzir o número de operações, a matriz Jacobiana é aproximada por uma diferença de primeira ordem. Quando essas matrizes são de grande porte e esparsas é interessante que as posições não-nulas sejam tratadas de modo eficiente. O problema de minimizar o número de avaliações de funções necessárias para calcular a matriz Jacobiana pode ser formulado como um problema de Coloração de Grafos [COL83; GEB05].

Por outro lado, muitos avanços no tratamento de situações físicas complexas utilizando o método dos elementos finitos têm ocorrido. Quando o problema é singularmente perturbado os métodos clássicos de solução apresentam oscilações numéricas indesejáveis. Formulações estabilizadas de elementos finitos vêm sendo utilizadas a quase três décadas. Inicialmente, foram apresentadas no contexto da dinâmica dos fluidos computacional. O primeiro artigo em revista indexada foi publicado em 1982 [BRO82]. Este trabalho resumiu os desenvolvimentos até então e apresentou a formulação SUPG (i.e., Streamline Upwind Petrov-Galerkin). Este enfoque combina estabilidade e precisão e, portanto representou um avanço considerável sobre os métodos clássicos de upwind, viscosidade artificial, diferenças centradas e o método de Galerkin. O sucesso deste enfoque foi enorme e desde então um grande número de artigos vem sendo publicados nesse tema.

Mais recentemente, os métodos estabilizados têm sido reformulados no contexto da formulação variacional multiescala [HUG95; HUG04; JUA05]. O trabalho apresentado por [HUG95] pode ser considerado um marco na teoria dos métodos estabilizados, e abriu novas direções de pesquisa. A idéia principal é decompor a variável de interesse (e, conseqüentemente, a função teste) em duas partes: a primeira é representada pela discretização utilizada (macroescala – escala resolvida) e a segunda relacionada às escalas menores, sub-malhas (microescala – escala não resolvida). Os efeitos não locais da microescala são incorporados na macroescala resultando em um problema enriquecido para as escalas resolvidas, que é então solucionado numericamente. Recentemente, o método multiescala Difusão Dinâmica (DD) [ARR10] foi apresentado a comunidade científica sendo baseado no formalismo multiescala e consiste em adicionar à formulação clássica de Galerkin enriquecida com funções bolhas um operador dissipativo não linear e não parametrizado agindo isotropicamente em todas as escalas da discretização.

## **Modelos Matemático-Computacionais de Cognição Visual Aplicados aos Problemas de Mapeamento e Localização Simultâneos e Navegação de Veículos Autônomos**

A cognição visual, i.e., a compreensão do mundo e das ideias por meio da visão, é viabilizada no cérebro humano por uma quantidade enorme de neurônios (dezenas de bilhões de neurônios [KAN00]). Trata-se de capacidade extremamente complexa com inúmeras facetas. Contudo, implementações de modelos bastante limitados de algumas destas facetas tem se mostrado valiosas na solução dos problemas de mapeamento e localização simultâneos e navegação de veículos autônomos [THR06]. Uma equipe da Stanford University liderada por S. Thrun [THR06] desenvolveu um veículo autônomo, denominado Stanley, que empregava câmeras para inferir a parte de interesse mais distante da estrada à sua frente. Stanley foi capaz de se deslocar autonomamente por 142 milhas (~229Km) dentro do contexto de uma competição promovida em 2005 pela Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) dos USA denominada DARPA Grand Challenge (<http://www.darpa.mil/grandchallenge05>).

A primeira DARPA Grand Challenge ocorreu em 2004 e possuía um percurso composto basicamente por estradas não pavimentadas (de areia). Nesta edição, nenhum dos veículos autônomos conseguiu completar o percurso. Apenas um ano depois, Stanley venceu esta competição (mesmo tipo de percurso) e 5 outros veículos autônomos conseguiram também completar o percurso de 142 milhas, 4 deles dentro do tempo limite estabelecido (10 horas) [STA05,RED05a,RED05b,GRE05,TER05]. Em 2007, a DARPA promoveu uma Grand Challenge em percurso urbano (<http://www.darpa.mil/grandchallenge>). Nesta, os veículos autônomos precisavam respeitar regras de trânsito e coabitar com outros veículos não participantes da corrida. Seis veículos autônomos conseguiram completar o percurso, sendo que o primeiro, novamente de Stanford (Junior), o completou em cerca de 4 horas [STA07] (Junior acabou ficando em segundo lugar, muito embora tenha terminado a corrida em menor tempo, devido a outros critérios de pontuação – ver <http://archive.darpa.mil/grandchallenge/index.asp>).

Quase a totalidade dos veículos que participaram das DARPA Grand Challenges empregou câmeras e sensores laser (*Laser Range Scan*, ou *Light Detection And Ranging - LIDAR*) para examinar o terreno à frente e realizar, juntamente com sensores GPS, sua localização e mapeamento simultâneos (*Simultaneous Localization and Mapping – SLAM*) e, a partir dos mapas, evitar obstáculos e perseguir os objetivos das provas (navegação). Contudo, nenhum deles empregava modelos matemático-computacionais baseados na biologia do sistema visual humano para realizar estas tarefas. Na verdade, os veículos que foram capazes de completar as DARPA Grand Challenges implementaram seu SLAM usando fortemente como entrada a informação capturada por LIDAR (ver “Semifinalist Technical Papers” em <http://www.darpa.mil/grandchallenge/resources.asp>). Sensores LIDAR empregam laser para medir a distância de pontos ao longo de uma linha à frente usando um mecanismo mecânico/ótico de varredura – tal mecanismo não encontra paralelo na biologia. Além disso, sensores LIDAR são fortemente afetados por chuva, entre outras condições meteorológicas naturais, o que limita sua aplicabilidade em casos que requeiram operação ao ar livre, e são facilmente detectáveis à distância (por causa do laser), o que limita sua aplicabilidade militar.

Neste trabalho aprofundaremos nossos estudos sobre modelos matemático-computacionais da visão humana. Nosso principal objetivo será buscar compreender como nosso sistema visual viabiliza a cognição visual em suas diversas facetas (percepção de profundidade, movimento e forma, reconhecimento de objetos, etc.) e, em particular, nossa capacidade de SLAM e navegação – estudos com ratos e humanos demonstraram a existência de estruturas neurais que codificam nossa localização e o mapeamento do ambiente [KEE71,HAF05,FYH08,MOS08,DOE10]. Isso é relevante no contexto de veículos autônomos porque, com apenas nossos dois olhos e nosso cérebro, somos capazes de dirigir um automóvel em velocidades muito superiores às observadas nas DARPA Grand Challenges e em condições muito mais desafiadoras. Assim, avanços no desenvolvimento de modelos matemático-computacionais da visão humana propiciarão simplificar a implementação de veículos autônomos e ampliar as oportunidades de sua utilização.

Nós usaremos um automóvel comercial adaptado e o problema de navegação autônoma como um laboratório para nossos estudos, cujos resultados esperados, obviamente, terão aplicações em muitas outras áreas além de navegação autônoma. A importação de veículo de passeio e sensores fundamentais (câmeras, LIDAR, GPS, etc.) já foi paga com recursos do projeto PRONEX NCAD (ver Seção ).

## 9. Metodologia

---

Essa seção descreve detalhes específicos das metodologias que serão empregadas no desenvolvimento das pesquisas em Computação de Alto Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional propostas.

### **Estratégias de Implementação do Método dos Elementos Finitos Utilizando Processamento de Alto Desempenho**

Nós iremos desenvolver estratégias computacionais para o método de estabilização proposto por [ARR10]. Na forma padrão de solução do método, cada matriz da macroescala é composta por 4 graus de liberdade, 3 nós da macroescala e 1 nó da microescala, baricentro do elemento. Uma condensação estática trivial pode ser aplicada gerando uma matriz local de ordem 3, tendo como nós incógnitas somente os nós da macroescala. Os primeiros experimentos que já realizamos com essa idéia para problemas bidimensionais simples são promissores, pois, além de serem vantajosos em termos computacionais, apresentaram regularidades adicionais [WER10].

No processo de solução de problemas não lineares, frequentemente o método de Newton é usado para linearizar o sistema não linear resultante. Quando os métodos iterativos não estacionários são considerados como solucionadores do sistema linear em cada iteração não linear, o método é denominado Método Newton-Krylov Inexato. Pretendemos desenvolver estratégias que visam melhorar o processo de solução do método de Newton Inexato tanto na obtenção automática da tolerância para os solucionadores do sistema linear – obtenção de termos forçantes – quanto nos critérios de atualização da nova aproximação em cada passo não linear – métodos de globalização.

Em Computação Científica Combinatória, os problemas de Coloração de Grafos [DEO74] e Caixeiro Viajante [GOL00] serão investigados com o intuito de modelar o Problema de Particionamento de colunas da Matriz Jacobiana, oriunda do método de Newton para solução

de sistemas não lineares, e o estudo do problema para reduzir o número de operações de ponto flutuante necessário no produto matriz-vetor, respectivamente.

Em geral, a esparsidade da matriz Jacobiana é conhecida, portanto podemos estimar a sua  $k$ -ésima coluna pelas avaliações de  $F(x+\epsilon e_k)$  e  $F(x)$  ao longo do vetor de coordenadas  $e_k$ , onde  $F(x)$  é um vetor de funções não-lineares e  $\epsilon$  é um pequeno passo [KNO04]. No entanto, ao explorar a sua esparsidade, é possível dividir as  $n$  colunas da matriz em partições cujos elementos são colunas estruturalmente ortogonais entre si. Desta forma, a matriz jacobiana pode ser diretamente representada por um grafo onde os vértices são as colunas da matriz, e as arestas ligam dois vértices representantes de colunas não estruturalmente ortogonais (ou seja, podem possuir em uma mesma linha elementos não nulos). Uma partição de colunas da matriz é constituída no grafo por nós não adjacentes entre si, e portanto, a eles pode ser associado uma mesma cor, no que diz respeito ao problema de Coloração de Grafos. Usando esta característica é possível reduzir todas as colunas de uma mesma partição a uma única coluna, construindo uma nova matriz cujo número de colunas é igual ao número de partições definidas [GEB05]. Estudaremos então, algoritmos eficientes, exatos e aproximativos, para resolução de Coloração de Grafos baseados nos melhores algoritmos apontados na literatura [DEO74].

Pretendemos melhorar o desempenho da operação produto matriz-vetor para matrizes esparsas investigando estruturas de dados alternativas para armazenamento e algoritmos para sua reordenação. A multiplicação de matrizes esparsas por um vetor é uma operação muito comum em várias aplicações de Computação Científica. Em geral, na resolução de sistemas por métodos numéricos, uma mesma matriz é multiplicada várias vezes por vetores diferentes. A quantidade de vezes que essa operação é realizada é significativa no tempo total do processo, o que inspira interesse em sua otimização.

O reordenamento de uma matriz por blocos consiste na permutação de suas linhas ou colunas de maneira a reposicionar os elementos não nulos o mais próximo possível entre si. Neste tipo de reordenamento, o interesse é formar blocos de elementos não nulos cujos índices das colunas sejam consecutivos, possibilitando diminuir o número de acessos à estrutura que descreve a matriz esparsa. Como os elementos nesta condição estão em colunas consecutivas, só é necessário descobrir a coluna do primeiro elemento, sendo os outros encontrados através de sua posição relativa ao primeiro. Pinar e Heath [PIN99] abordaram esse tema, propondo o reordenamento de uma matriz representando-a via o problema do Caixeiro Viajante. Neste projeto, pretendemos investigar a utilização dos principais algoritmos de resolução do Problema do Caixeiro Visitante existentes na literatura e avaliar as suas contribuições para a aplicação de reordenamento de matrizes. A metodologia adotada neste Projeto é composta de duas fases: a primeira consiste no estudo dos problemas de Computação Científica escolhidos (cálculo do produto matriz-vetor e de matrizes derivativas) e sua modelagem por meio de problemas de Otimização Combinatória. A segunda fase consiste no estudo e implementação de heurísticas e meta-heurísticas [BOE04, RAN06, BEL08a] para a resolução dos problemas estudados, além de sua avaliação a partir dos resultados obtidos dos testes computacionais e comparação com técnicas existentes utilizadas na área de Computação Científica. Para os testes computacionais serão inicialmente consideradas matrizes esparsas advindas de benchmarks disponíveis na internet e posteriormente os algoritmos testados serão aplicados em matrizes oriundas de implementações do método dos elementos finitos.

No que diz respeito ainda ao reordenamento de matrizes esparsas, visando diminuir a largura de banda e envelope da matriz, pretendemos realizar estudos comparativos, além de propostas de melhoria dos algoritmos já implementados em [GHI10].

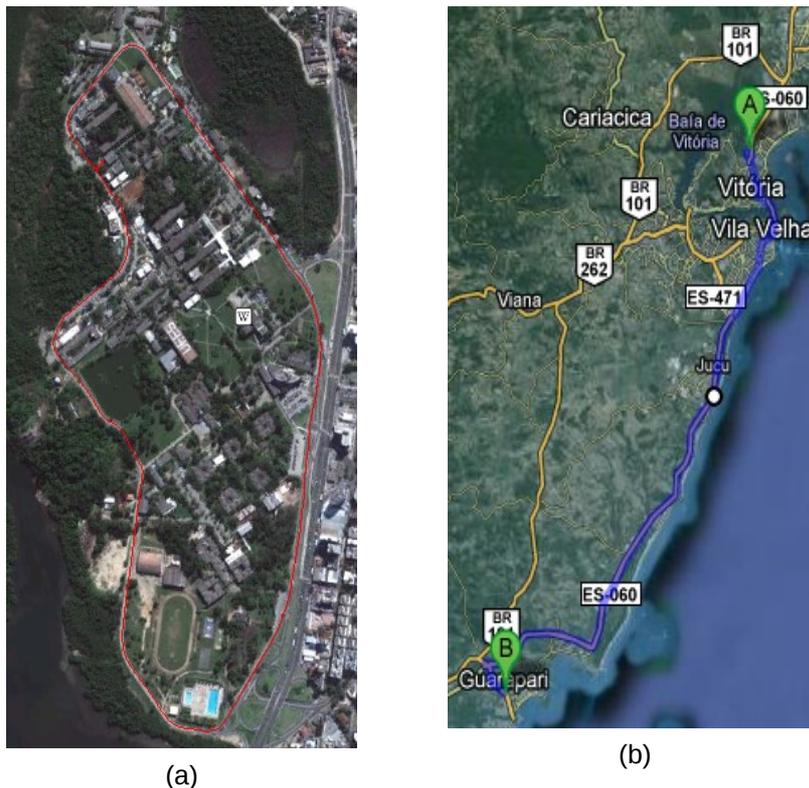
As técnicas de processamento paralelo que pretendemos estudar incluem implementações de códigos que visam estudar e comparar estruturas de dados utilizadas, considerando diferentes paradigmas de processamento paralelo. O foco da pesquisa está na forma como implementaremos as principais operações dos algoritmos que iremos paralelizar, a saber, produto escalar e produto matriz-vetor.

## **Modelos Matemático-Computacionais de Cognição Visual Aplicados aos Problemas de Mapeamento e Localização Simultâneos e Navegação de Veículos Autônomos**

No tema de pesquisa modelos matemático-computacionais de cognição visual aplicados aos problemas de mapeamento e localização simultâneos e navegação de veículos autônomos, buscaremos atingir dois grandes objetivos que servirão de guia para as atividades

de pesquisa: realizar a (i) Volta da UFES e a (ii) Ida a Guarapari (cidade turística do Espírito Santo).

O campus principal da UFES (campus de Goiabeiras) possui um anel viário que o circunda que possui 3.570 metros (Figura 1(a)). No contexto do objetivo Volta da UFES, buscaremos desenvolver pesquisas que viabilizem a transformação de um automóvel de passeio em um veículo autônomo capaz de realizar a volta da UFES autonomamente. No caminho da Volta da UFES, as restrições impostas pelas leis de trânsito podem ser, em larga medida, desconsideradas, já que será possível realizar a Volta da UFES em um domingo ou feriado, situações em que o trânsito no anel viário é praticamente nulo. A distância da UFES à cidade de Guarapari, por outro lado, é igual a 58,5 Km (Figura 1(b)). No contexto do objetivo Ida a Guarapari buscaremos desenvolver pesquisas que viabilizem o aperfeiçoamento de nosso veículo autônomo de modo a torná-lo capaz de realizar a Ida a Guarapari autonomamente. No caminho da Ida a Guarapari todas as leis de trânsito se aplicam e terão que ser consideradas pelos algoritmos que comandarão e controlarão nosso veículo autônomo.



**Figura 1: (a) Caminho da Volta da UFES. (b) Caminho da Ida a Guarapari (A: UFES, B: Guarapari).**

Para alcançar os objetivos Volta da UFES e Ida a Guarapari, precisamos cumprir as seguintes etapas:

1. Implementação de uma plataforma robótica (PR) experimental a partir de um automóvel de passeio.  
Esta etapa envolve modificar um automóvel de passeio por meio da inclusão de sensores e sistemas para seu controle.
2. Implementação de um módulo que compute a pose 12D (em doze dimensões: 3 dimensões de posição e 3 de velocidade; 3 angulares e 3 de velocidades angulares) da PR com relação a pista onde ela estiver a partir dos dados dos sensores da PR.  
Nesta etapa, investigaremos algoritmos que, a partir de dados de GPS, *Inertial Measurement Unit* (IMU), bússola eletrônica, câmeras estéreo e laser LIDAR, sejam capazes de computar a posição 12D da PR.
3. Implementação de um módulo que compute mapas instantâneos 2D, centrados na PR, de obstáculos e não obstáculos em torno do robô.

Nesta etapa, investigaremos algoritmos que, a partir da pose 12D e de dados de LIDAR e câmeras estéreo, sejam capazes de projetar objetos presentes no mundo 3D à frente da PR em um plano 2D centrado na PR.

4. Implementação de um módulo que, por meio de SLAM, compute o mapa da volta da UFES.

Nesta etapa, investigaremos algoritmos probabilísticos de SLAM [THR06] que, a partir de mapas instantâneos 2D do mundo em torno da PR, sejam capazes de criar um mapa completo do caminho da Volta da UFES com resolução de 10 centímetros (tamanho máximo aceitável para algo não ser considerado um obstáculo ao deslocamento da PR).

5. Implementação de uma ferramenta que permita criar/editar um arquivo *Route Definition Data Format* (RDDF) da Volta da UFES.

Nesta etapa, desenvolveremos um aplicativo que permita criar/editar um RDDF da Volta da UFES. Nosso RDDF conterá o mapa da Volta da UFES anotado com o ponto de partida, ponto de chegada, velocidades máximas de pontos relevantes ao longo do caminho, assim como pontos onde a intervenção humana é necessária (cancelas de controle de entrada na UFES presentes no anel, por exemplo).

6. Implementação de um módulo que, empregando o RDDF da Volta da UFES (essencialmente o mapa contido nele), localize a PR no mapa da Volta da UFES.

Nesta etapa, investigaremos algoritmos probabilísticos de localização [THR06] que, a partir de mapas 2D instantâneos de obstáculos e não obstáculos em torno da PR, do mapa da Volta da UFES, e dos sensores e atuadores da PR, localizem a PR no mapa da Volta da UFES.

7. Implementação de um módulo que, a partir de imagens de câmeras estéreo e da posição 12D da PR, seja capaz de determinar a posição da PR com relação aos limites da pista onde ela eventualmente estiver.

Nesta etapa, investigaremos algoritmos de visão artificial e para o cômputo da *V-disparity* [ZHA09] e seu uso para determinação dos limites da pista.

8. Implementação de um módulo que, a partir de imagens de câmeras estéreo e da posição 12D da PR, seja capaz de estender a visão da pista para além da região à frente tocada pelos LIDAR de modo a ampliar os mapas 2D instantâneos de obstáculos e não obstáculos à frente da PR.

Nesta etapa, investigaremos algoritmos de visão artificial e aprendizado de máquina que sejam capazes de, a partir da informação sobre terreno trafegável à frente fornecida por LIDAR (mais precisa), inferir por meio da imagem advinda de câmeras que terreno mais a frente pode ser trafegável.

9. Implementação de um módulo SLAM que incorpore os dados dos três de módulos acima de modo a implementar um módulo SLAM mais poderoso (principalmente de maior alcance à frente).

10. Implementação de um módulo que permita a navegação suave da PR através das pistas do mapa da Volta da UFES.

Nesta etapa, investigaremos algoritmos para obtenção de caminhos mínimos ponto a ponto, escolhidos de acordo com as características do problema abordado (planejamento do caminho da PR). Estamos interessados em investigar algoritmos de busca, como o A\* [RUS03] e de obtenção de caminhos mínimos dinâmicos [RAM96] e em tempo real, como, por exemplo, o AD\* [LIK08]. O algoritmo AD\* é em tempo real e dinâmico, i.e., utiliza uma solução incremental para o problema de caminhos mínimos em grafos dinâmicos e oferece um possível controle no tempo total de busca, garantindo a qualidade da solução.

11. Implementação de um módulo que permita a navegação suave da PR através de pistas de estacionamentos eventualmente presentes no mapa da Volta da UFES.

Nesta etapa, aperfeiçoaremos os algoritmos da etapa anterior para a viabilização de manobras em estacionamentos.

12. Implementação de um módulo que controle a PR durante a navegação através do mapa da Volta da UFES de modo que ela evite obstáculos que eventualmente apareçam durante a Volta da UFES (em tempo real).

13. Implementação de um módulo que, por meio de uma máquina de estados, escolha dinamicamente algoritmos de navegação e seus parâmetros apropriados para cada setor do RDDF da volta da UFES.

14. Realização da Volta da UFES.

15. Reimplementação dos módulos acima de modo a que possam ser utilizados em condições de tráfego normal observáveis no caminho da Ida a Guarapari.
16. Implementação de módulo de detecção e reconhecimento de placas de trânsito.
17. Implementação de módulo de detecção e reconhecimento do estado de sinais de trânsito.
18. Implementação de módulo de SLAM que permita identificar e mapear o deslocamento de veículos e pedestres adjacentes à PR em condições de tráfego normal observáveis no caminho da Ida a Guarapari.

A etapa 1 requer uma grande quantidade de recursos financeiros. Contudo, graças ao apoio da FAPES/CNPq, concedido na forma da aprovação de nosso projeto PRONEX, iniciado neste ano de 2011, já estamos nas fases finais na importação de um Ford Escape Hybrid (Figura 2) já equipado com sistemas de controle do acelerador, freio, câmbio, faróis, buzina, entre outros atuadores de interesse, e sensores da rotação das rodas, posição do volante, rotação do motor, entre outros dados de interesse (a importação já foi paga).



**Figura 2: Ford Escape Hybrid.**

Para a implementação dos diversos módulos mencionados acima, empregaremos o framework Carmen, desenvolvido pelo grupo de Sebastian Thrun em Carnegie Mellon e posteriormente em Stanford (<http://carmen.sourceforge.net>). O desenvolvimento da versão open source de Carmen foi descontinuado em 2008; contudo, este framework garantiu a seus desenvolvedores a vitória na DARPA Grand Challenge de 2005 (<http://archive.darpa.mil/grandchallenge05>) e o segundo lugar (muito embora tenha completado o percurso em primeiro lugar) na DARPA Urban Challenge (<http://archive.darpa.mil/grandchallenge/index.asp>). Assim, embora existam outros frameworks open source hoje disponíveis e mantidos, optamos por continuar o desenvolvimento de Carmen no LCAD ([http://www.lcad.inf.ufes.br/wiki/index.php/Carmen\\_Robot\\_Navigation\\_Toolkit](http://www.lcad.inf.ufes.br/wiki/index.php/Carmen_Robot_Navigation_Toolkit)).

Carmen viabiliza o desenvolvimento de sistemas compostos por módulos que se comunicam segundo o paradigma *publish-subscribe* (ver link do LCAD acima). De acordo com este paradigma, um módulo sensor, por exemplo, pode ser implementado por meio de um programa executável independente que envia mensagens (*publish*) com os dados obtidos do sensor para quaisquer módulos que assinem (*subscribe to*) estas mensagens. Um módulo filtro pode assinar mensagens de vários módulos, manipular estas mensagens com algoritmos de interesse (“filtrar”) e publicar mensagens com seus resultados para vários outros módulos que as requeiram. Um módulo atuador pode receber mensagens de vários outros módulos, rodar algoritmos sobre elas e usar o resultado para controlar algo no mundo real.

Um módulo que publica uma mensagem não precisa saber quem as recebe; assim, evitam-se problemas como *dead lock* e *starvation* que dificultam a programação de sistemas distribuídos (sistemas de controle de robôs como a PR são inerentemente distribuídos). Nós já implementamos versões preliminares dos módulos mencionados nas etapas

Ao longo deste ano de 2011, nós desenvolvemos versões preliminares dos módulos associados às etapas 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11 e 12; vídeos que demonstram estes resultados podem ser examinados em: <http://www.youtube.com/user/lcadufes>. Nós planejamos completar a PR (etapa 1), implementar a ferramenta da etapa 5 e o módulo da etapa 9 em 2012, de modo a realizar a Volta da UFES em 2012. Neste processo, muitas contribuições científicas já foram dadas (ainda não publicadas) e ainda serão dadas. Os grandes desafios de pesquisa estão, no entanto, associados à Ida a Guarapari (etapas 15 a 18).

Os sistemas de sensoriamento e controle avançados de veículos autônomos como o que pretendemos construir precisam operar em tempo real. Assim, nas etapas discutidas acima serão desenvolvidas pesquisas sobre como empregar computação de alto desempenho no desenvolvimento dos módulos apresentados. Com este propósito, empregaremos placas

gráficas com tecnologia CUDA – a PR possuirá um mini-cluster de 6 máquinas com placas CUDA de última geração, já em fase de importação. Pesquisadores do LCAD já desenvolveram trabalhos relevantes nesta área (programação em C+CUDA) [CAR09, VER09a, VER09b]. Na verdade, foi escolhido um veículo híbrido e foi necessária sua importação (ainda não são produzidos veículos híbrido no Brasil) devido a demandas de energia deste mini-cluster (6 KW) – um veículo híbrido é movido a motor elétrico e possui uma bateria de grande porte que é carregada por um motor a combustão.

## Estratégia de Desenvolvimento de Software

Todas as etapas associadas aos dois temas de pesquisa acima serão executadas em uma ou mais fases de refinamentos sucessivos. Desde o princípio do projeto as ações a ele associadas serão orientadas para permitir o desenvolvimento de um ambiente de pesquisa que viabilize a implementação de protótipos segundo metodologias de desenvolvimento que facilitem a transferência da tecnologia desenvolvida para a sociedade após a conclusão do projeto. Sempre que for apropriado e vantajoso para o cumprimento dos objetivos do projeto, serão empregadas linguagens, ferramentas e ambientes livres de desenvolvimento de software (software livre).

## 10. Cronograma

Atividade	Descrição	Trimestre Início	Trimestre Término
1	Estudo e desenvolvimento de estratégias computacionais para implementação de métodos de estabilização multiescala	1	8
2	Estudo e desenvolvimento de melhorias no método de Newton-Krylov Inexato oriundo de formulações estabilizadas do método dos elementos finitos	1	12
3	Estudo e desenvolvimento de algoritmos de coloração de grafos para redução do número de avaliações da matriz Jacobiana	3	12
4	Estudo e desenvolvimento de estratégias que visam a melhoria do desempenho da operação produto matriz-vetor para matrizes esparsas, investigando estruturas de dados alternativas para armazenamento e algoritmos para sua reordenação	6	16
5	Estudo de técnicas de processamento paralelo considerando diversos paradigmas de computação para implementações do método dos elementos finitos	4	16
6	Realização dos estudos, pesquisa e desenvolvimento associados à Volta da UFES	1	4
7	Realização dos estudos, pesquisa e desenvolvimento associados à Ida a Guarapari	4	16
8	Realização de Workshops	2, 7, 12	
9	Elaboração de relatórios, artigos e patentes		-

Atividade	Trimestre															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	X	x	x	x	x	x	x	x								
2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
3			x	x	x	x	x	x	x	x	x					
4						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	x	x	x	x												
7				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
8		x					x					x				
9			x	x			x	x			x	x			x	x

## **11. Infra-Estrutura das Instituições Participantes**

---

### **Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES**

O Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES possui vários laboratórios, sendo que três deles serão relevantes para a realização deste Projeto: o Laboratório de Computação de Alto Desempenho

#### ***Laboratório de Computação de Alto Desempenho – LCAD (<http://www.lcad.inf.ufes.br/>)***

O Laboratório de Computação de Alto Desempenho (LCAD) oferece infra-estrutura de hardware e software para pesquisa em arquitetura de computadores, processamento de alto desempenho, mecânica computacional, recuperação da informação, otimização combinatória, detecção de falhas em processos da indústria do petróleo, e cognição visual artificial. Hoje, o LCAD conta com 3 Supercomputadores do tipo Cluster (Enterprise 1: 20 núcleos em 20 processadores ATHLON XP 1800; Enterprise 2: 70 núcleos em 35 processadores Intel CORE 2 DUO 1.8GHz; Enterprise 3: 140 núcleos em 35 processadores Intel QUAD CORE 2.4GHz) suportados por No-break de 30KVA, 1 Supercomputador Boxx (com processador AMD Quad-Core 2.6GHz e 4 GPUs CUDA enabled NVIDIA com 240 stream processors cada), 4 estações de trabalho (quad-core) com GPUs CUDA enabled com 480 stream processors cada, 4 estações de trabalho (quad-core) com GPUs CUDA enabled com 240 stream processors cada, 14 notebooks, 28 estações de trabalho Intel e AMD (a maioria dual-core, todas com 1GB RAM ou mais e 1.8GHz ou mais), uma impressora laser colorida de alto volume, 3 impressoras laser p&b de alto volume, 3 servidores (backup, web e de aplicações), 1 TV 42", e 2 projetores multimídia. Os projetos do laboratório recebem financiamento do CNPq, FINEP, FAPES e FACITEC.

#### ***Laboratório de Inferência e Algoritmos – NINFA (<http://ninfa.inf.ufes.br/ninfa2/>)***

O Laboratório de Inferência e Algoritmos (NINFA) possui infra-estrutura para realização de pesquisa em Inteligência Computacional, Mineração de Dados, Reconhecimento de Padrões e Otimização. Este laboratório é responsável por diversos projetos de pesquisa financiados pelo CNPq e fundos setoriais de Energia Elétrica e Petróleo. Correntemente está equipado com 3 servidores (banco de dados, contas de usuários e backup) e 15 estações de trabalho, sendo 12 estações HP Compaq com processador AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 4000+ e 3 estações ThinkCentre Lenovo com processador Intel(R) Core(TM)2 CPU 1.8GHz. Conta ainda com 8 máquinas destinadas a processamento (4 com processador AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 4200+, 3 com processador AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 4000+, e 1 com processador Intel(R) Core(TM)2 CPU 1.8GHz). Dispõe ainda de 3 impressoras (1 laser monocromática, 1 multifuncional/fax laser monocromática e 1 multifuncional jato de tinta colorida) e 4 notebooks.

#### ***Laboratório de Otimização – LABOTIM (<http://labotim.inf.ufes.br/>)***

O Laboratório de Otimização (LabOtim) abriga pesquisadores, professores, alunos de mestrado, iniciação científica e em projetos finais de curso envolvidos em projetos de pesquisa da área de otimização. Atualmente possui 4 (quatro) estações de trabalho e uma impressora a laser. No LabOtim são realizadas pesquisas em otimização combinatória tais como o desenvolvimento de modelos de logística e otimização para o setor produtivo, a implementação e adaptação de Heurísticas e Meta-Heurísticas para problemas modelados em grafos, o desenvolvimento de aplicações modeladas por meio de Fluxos em Redes, dentre outras.

### **Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ, área interdisciplinar de Computação de Alto Desempenho**

Na COPPE, o presente projeto contará com o apoio do Núcleo de Atendimento em Computação de Alto Desempenho (NACAD) e do Laboratório de Computação Paralela.

#### ***Núcleo de Atendimento em Computação de Alto Desempenho – NACAD ([www.nacad.ufrj.br](http://www.nacad.ufrj.br/))***

As instalações do NACAD, em uma área de 275m<sup>2</sup> no Complexo I2000 do Centro de Tecnologia da UFRJ, possuem toda a infra-estrutura básica necessária, como energia elétrica

estabilizada, rede local de comunicação de dados em fibra ótica, acesso por fibra ótica a RNP, ar condicionado central, sistema eletrônico de segurança, biblioteca, sala de seminários e sala especial para clientes industriais. O parque computacional do NACAD consiste nos sistemas: (i) SGI Altix ICE 8200, com 38 CPUs Quad Core Intel Xeon, totalizando 152 núcleos, memória: distribuída de 304 Gbytes sistema de armazenamento SGI InfiniteStorage NAS com 32 TBytea, rede Infiniband e Gigabit, sistema operacional, Suse Linux Enterprise Server com o SGI ProPack e compiladores: Intel e GNU (Fortran-90 e C/C++) com suporte OpenMP e MPI; (ii) SGI Altix 450, com 32 CPUs Dual Core Intel Itanium2, totalizando 64 cores, memória 128 Gbytes RAM, compartilhada – NUMAflex, e armazenamento em disco de 3.5 TBytes, sistema operacional Suse Linux Enterprise Server com SGI ProPack e compiladores: Intel e GNU (Fortran-90 e C/C++) com suporte OpenMP e MPI. Além disso, o NACAD é parte integrante do Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho (SINAPAD).

#### **Laboratório de Computação Paralela – LCP ([www.lcp.coppe.ufrj.br](http://www.lcp.coppe.ufrj.br))**

O Laboratório de Computação Paralela dispõe das seguintes plataformas computacionais que serão compartilhadas com o projeto: 1) cluster de 8 nós Intel Pentium D (VT) dual core, 3 GHz, 2 GB RAM; rede Gigabit-Ethernet; 2) cluster de 9 nós Core 2, quad core (VT), 1.6 GHz, 8 GB RAM; switches Gigabit-Ethernet; Rede de 16 sensores TMote Sky; Possui ainda 2 servidores de vídeo Xeon 3.0 GHz 4 GB RAM e 480 GB RAID 5; Rede sem fio: WLAN 802.11 a/b/g 1 Ponto de Acesso WLAN 802.11 a/b/g 3COM e 8 interfaces PCI e 2 PCMCIA 2COM; Software: SO Linux 2.6, linguagens C, Fortran 77, C++, Java TDK 1.5 e sistemas software DSM: TreadMarks, HLRC e Clik e o simulador NS-2.

Toda a infra-estrutura apresentada passará a ser usada de forma cooperativa dentro do escopo deste projeto.

## **12. Proposta Orçamentária Detalhada**

---

### **Viabilidade Financeira e Técnica, e Recursos Oriundos de Outras Fontes**

Para a realização deste trabalho serão necessárias pelo menos 5 bolsas de doutorado, 10 bolsas de mestrado (com renovações após dois anos) e 10 bolsas de iniciação científica (com 4 renovações, uma por ano), um automóvel de passeio, clusters com pelo menos 32 processadores multi-core, máquinas com GPU CUDA *enabled*, câmeras de vídeo *firewire*, lasers LIDAR, sistemas GPS e outros sensores, estações de trabalho, impressoras, livros (material bibliográfico), software, material de consumo e recursos para participação em congressos. Os clusters, automóvel e outros equipamentos serão utilizados para a realização dos experimentos, as estações de trabalho serão utilizadas edição de relatórios, trabalhos científicos e realização de experimentos, e as impressoras para impressão dos relatórios e dos trabalhos científicos a serem escritos e publicados.

Dos itens necessários já estão disponíveis três clusters, sendo um de 20 processadores e dois de 35 processadores ([www.lcad.inf.ufes.br](http://www.lcad.inf.ufes.br)), além de outros sistemas para computação de alto desempenho do NACAD e LCP, parte das estações de trabalho, um automóvel Ford Escape Hybrid, câmeras de vídeo *firewire*, um laser LIDAR, um GPS, um sensor inercial 6D (IMU), impressoras, parte do material bibliográfico, software e parte do material de consumo. O Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES têm recebido bolsas de doutorado, mestrado e IC em número suficiente para as áreas de Computação de Alto Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional, e os programas consolidados, bolsas de doutorado e mestrado suficientes para o sucesso deste projeto. Contudo, para garantir a viabilidade técnica e financeira deste projeto de pesquisa serão necessários recursos para aquisição de equipamentos adicionais (máquinas com GPUs CUDA *enabled*), material bibliográfico, material de consumo, além de recursos para viabilizar viagens para missões de estudo, workshops do Projeto, reuniões científicas e de apresentação de trabalhos em conferências nacionais e internacionais.

### **Recursos Solicitados ao CNPq**

Na Tabela 2, abaixo, são detalhados os investimentos que precisam ser feitos no Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES para viabilizar a execução deste projeto. As passagens aéreas e diárias nacionais visam permitir a apresentação de trabalhos em congressos e a realização dos três workshops previstos, além de missões de estudo. As passagens aéreas e diárias internacionais visam permitir a apresentação de trabalhos em

congressos relevantes no exterior. Os computadores serão importantes para o desenvolvimento das atividades de pesquisa, particularmente no uso de CUDA para obtenção de alto desempenho computacional. O laser LIDAR será necessário para monitorar a parte traseira do automóvel (não dispomos ainda de um LIDAR para esta área). Os recursos destinados ao material de consumo serão utilizados na compra de componentes eletrônicos, cabos, parafusos, brocas, *toners* e outros materiais relevantes para a manutenção dos equipamentos e para a pesquisa. Os recursos destinados ao material bibliográfico serão utilizados na aquisição de livros mais recentes relacionados aos temas do projeto. Por fim, os recursos destinados a serviços de terceiros são importantes para a manutenção dos equipamentos dos laboratórios envolvidos no projeto.

**Tabela 2: Investimentos no Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES**

Item	Descrição	Quantidade	Valor Unit.	Valor
1	Passagem aérea nacional	20	R\$ 450,00	R\$ 9.000,00
2	Diárias no Brasil	240	R\$ 187,83	R\$ 45.079,20
3	Passagem aérea internacional	20	R\$ 3.600,00	R\$ 72.000,00
4	Diárias no exterior	100	R\$ 385,00	R\$ 38.500,00
5	Computador com placa de vídeo CUDA enabled	8	R\$ 4.500,00	R\$ 36.000,00
6	Laser tipo Light Detection And Ranging (LIDAR)	1	R\$ 16.200,00	R\$ 16.200,00
7	Material de consumo	-	R\$ 9.000,00	R\$ 9.000,00
8	Material bibliográfico	-	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
9	Serviços de terceiros	-	R\$ 24.500,00	R\$ 24.500,00
<b>Total</b>				R\$ 256.279,20

Na Tabela 3, abaixo, são detalhados os investimentos que precisam ser feitos na COPPE/UFRJ para viabilizar a execução deste projeto. As passagens aéreas e diárias nacionais visam permitir a participação nos workshops do projeto, além da realização de cursos intensivos de curta duração para os pesquisadores e alunos de pós-graduação do programa não consolidado. As passagens aéreas e diárias internacionais visam permitir a apresentação de trabalhos em congressos no exterior, produzidos dentro do esforço de colaboração. Os recursos destinados ao material de consumo serão utilizados na compra de *toners* e cartuchos para impressoras Laser P&B e a cores. Os recursos destinados ao material bibliográfico serão utilizados na aquisição de livros mais recentes relacionados aos temas do projeto. Os recursos destinados a serviços de terceiros são importantes para a manutenção dos equipamentos dos laboratórios envolvidos no projeto.

**Tabela 3: Investimentos na Área Interdisciplinar de Computação de Alto Desempenho da COPPE/UFRJ**

Item	Descrição	Quantidade	Valor Unit.	Valor
1	Passagem aérea nacional	12	R\$ 450,00	R\$ 5.400,00
2	Diárias no Brasil	24	R\$ 187,83	R\$ 4.507,92
3	Passagem aérea internacional	4	R\$ 3.600,00	R\$ 14.400,00
4	Diárias no exterior	20	R\$ 385,00	R\$ 7.700,00
5	Material de consumo	-	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
6	Material bibliográfico	-	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
7	Serviços de terceiros	-	R\$ 4.900,00	R\$ 4.900,00
<b>Total</b>				R\$ 41.907,92

## 13. Resultados Esperados

Esperamos atingir resultados práticos quantitativos e qualitativos com este trabalho de pesquisa. Como resultados quantitativos deste trabalho esperamos:

1. Orientar 5 alunos de doutorado
2. Orientar 10 alunos de mestrado
3. Orientar 10 bolsistas de iniciação científica

4. Publicar 10 artigos nacionais ou internacionais em conferências relevantes
5. Publicar 10 artigos em revistas científicas internacionais relevantes

Os principais resultados qualitativos deste trabalho serão: a promoção do avanço no estado da arte em estratégias de implementação do método dos elementos finitos que utilizem processamento de alto desempenho; no estado da arte em visão artificial, SLAM e navegação robótica; no estado da arte em programação de sistemas many-core; no estado da arte em computação científica combinatória; e a disponibilização local, nacional e internacional das ferramentas de programação paralela e dos códigos paralelos desenvolvidos. Além destas contribuições, este trabalho contribuirá ainda com a formação de especialistas em computação de alto desempenho, robótica, otimização e inteligência computacional no nível de doutorado, mestrado e de graduação.

## 14. Descrição das Ações de Divulgação e Transferência dos Conhecimentos Adquiridos para a Sociedade

---

Com este Projeto, buscaremos estender o estado da arte em formulações e técnicas de implementação do método dos elementos finitos. Buscaremos ainda investigar novas estratégias de solução de sistemas lineares resultantes não só de formulações de elementos finitos, mas também de diferenças finitas e volumes finitos. Esforços serão também canalizados para o desenvolvimento de novas bibliotecas numéricas de apoio ao desenvolvimento de código para a solução de problemas multi-física, simulação multi-escala, solucionadores rápidos, além de protótipos de sistemas computacionais para simulações em larga escala. Buscaremos também estender o estado da arte em Cognição Visual Artificial por meio do desenvolvimento de pesquisas científicas que subsidiem a melhoria e integração dos sistemas de vergência e reconstrução 3D [CAR09,OLI05,FAR03], reconhecimento de imagens [DES08] e busca visual desenvolvidos na UFES em sistemas para o mapeamento e localização simultâneos e navegação de veículos autônomos. Tais sistemas e técnicas têm aplicações na indústria automobilística, indústria de equipamentos militares de defesa, além de aplicações na automação de inúmeras tarefas da indústria e comércio em geral que requeiram veículos autônomos.

Os resultados científicos e tecnológicos relevantes que esperamos alcançar com as atividades do Projeto serão transferidos para a sociedade por meio da formação de pessoal especializado, geração de propriedade intelectual e seu registro, desenvolvimento de bibliotecas de código nas áreas de computação científica e cognição visual artificial, e da publicação de trabalhos científicos relevantes. Buscaremos ainda dar publicidade aos resultados alcançados convidando a imprensa escrita e televisiva para documentar os eventos Volta da UFES e Ida a Guarapari.

## 15. Referências Bibliográficas

---

- [ADA41] S. J. Adams, *Electromagnetic Theory*. New York and London: McGraw-Hill Book Company, 1941.
- [ALE66] ALEKSANDER, I. . Self-Adaptive Universal Logic Circuits (Design Principles and Block Diagrams of Self-adaptive Universal Logic Circuit with Trainable Elements). *IEE Electronic Letters*, v. 2, p. 231–232, 1966.
- [ALE98] ALEKSANDER, I. . From WISARD to MAGNUS: a family of weightless virtual neural machines. in: J. Austin, ed., *RAM-Based Neural Networks*. World Scientific, River Edge, NJ, p. 18–30, 1998.
- [ARR10] N. C. B. Arruda, R. C. Almeida, and E. G. D. do Carmo. Dynamic diffusion formulations for advection dominated transport problems. *Mecánica Computacional Vol XXIX*, págs. 2011-2025 Eduardo Dvorkin, Marcela Goldschmit, Mario Storti (Eds.) .AMCA, Buenos Aires, Argentina, 15-18 Noviembre, 2010.
- [ASA06] K. Asanovic, R. Bodik, B. C. Catanzaro, J. J. Gebis, P. Husbands, K. Keutzer, D. A. Patterson, W. L. Plishker, J. Shalf, S. W. Williams, K. A. Yelick, "The Landscape of Parallel Computing Research: A View from Berkeley", Technical Report No. UCB/EECS-2006-183, Department of Electrical Engineering and Computer

Sciences, University of California at Berkeley, 2006.

- [BAD08] Claudine Badue, Felipe T. Pedroni, Alberto F. De Souza. Multi-Label Text Categorization using VG-RAM Weightless Neural Networks. In Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Neural Networks (SBRN 2008), Salvador, Bahia, Brazil, 2008.
- [BAL04] S. Balay, W. D. Gropp, L. C. McInnes and B. F. Smith, Efficient Management of Parallelism in Object-Oriented Numerical Software Libraries, 2004.
- [BAR95] S. Barnad, A. Pothen, H. Simon. A spectral algorithm for envelope reduction of sparse matrices, Numerical Linear Algebra with Applications, v. 3, p. 317–334, 1995.
- [BAZ07] Y. Bazilevs, C. Michler, V.M. Calo, T.J.R. Hughes, Turbulence without tears: Residual-Based VMS, Weak Boundary Conditions, and Isogeometric Analysis of Wall-Bounded Flows, Technical Report, ICES, UT – Texas, 2007.
- [BEL04] Belytschko T, Hughes TJR, Fish J, Oden JT. Simulation Based Engineering Science: A Report on a Workshop Held Under the Auspices of the National Science Foundation. 2004.
- [BEL08a] Bello, G.S. ; Rangel, M. C. ; Boeres, M.C.S. An approach for the Class/Teacher Timetabling Problem using Graph Coloring. In: 7th. Internacional Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, 2008, Montreal. Proceedings - PATA 2008. Montreal, 2008. v. 1. p. 1-6.
- [BEL08b] Bello, G.S. ; Rangel, M. C. ; Boeres, M.C.S. .Uma Abordagem do Problema de Programação de Grade Horária Sujeito a Restrições Utilizando Coloração de Grafos. In: XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2008, João Pessoa. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro : Sobrapo, 2008. v. 1. p. 1-12.
- [BOE04] BOERES, M. C. S. ; RIBEIRO, C. C. ; BLOCH, I. . A randomized heuristic for scene recognition by graph matching. Lecture Notes in Computer Science, v. 3059, p. 101-114, 2004.
- [BOE07] BOERES, M. C. S. ; LANES, R. . Uma Nova Formulação para o Problema de Correspondência de Grafos. In: XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO 2007), 2007, Fortaleza. Anais do XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Niterói - RJ : ILTC Instituto Dóris Aragon, 2007. p. 1-12.
- [BRO82] Brooks AN and Hughes TJR. Streamline upwind / Petrov-Galerkin formulations for convection dominated flows with particular emphasis on the incompressible Navier-Stokes equations. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 1982; 32:199-259.
- [CAR06] CARNEIRO, Raphael Vivacqua ; DIAS, Stiven Schwanz ; FARDIM JÚNIOR, Dijalma ; OLIVEIRA, Hallysson ; GARCEZ, Artur d'Avila ; De Souza, A. F. . Improving VG-RAM Neural Networks Performance Using Knowledge Correlation. Lecture Notes in Computer Science, Berlin, v. 4232, p. 427-436, 2006.
- [CAR08] CARNEIRO, Raphael Vivacqua ; DIAS, Stiven Schwanz ; FARDIM JÚNIOR, Dijalma ; OLIVEIRA, Hallysson ; BARBOSA, Valmir C. ; GARCEZ, Artur d'Avila ; De Souza, A. F. . Knowledge-Correlated VG-RAM Weightless Neural Network. Submitted to Neurocomputing, 2008.
- [CAR86] G. Carey and J. Oden, Finite Elements: Fluid Mechanics. Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall, Inc., 1986, vol. 6.
- [CAR97] G. F. Carey, Computational Grids: Generations, Adaptation and Solution Strategies, Taylor - Francis, 1997.
- [CAT02] L. Catabriga and A.L.G.A.Coutinho, Improving Convergence to Steady-State of Implicit SUPG Solution of Euler Equations, Communications in Numerical Methods in Engineering, Vol. 18, pp. 345--353, 2002a.
- [CAT08] Catabriga, L., Souza D.A.F., Coutinho A.L.G.A., Tezduyar T.E., 3D Edge-Based SUPG Computation of Inviscid Compressible Flows with  $\text{YZ}\beta$  Shock-Capturing, Computational Mechanics, (to appear)
- [COL83] T. F. Coleman and J. J. Moré. Estimation of sparse Jacobian matrices and graph coloring problems. SIAM J. Numer. Anal., 20(1):187–209, February 1983.

- [COU01] COUTINHO, A. L. G. A., Alvaro L.G.A. Coutinho ; MARTINS, M.a.d. ; ALVES, J. L. D. ; LANDAU, L. ; MORAES, A. . Edge-Based Finite Element Techniques for Nonlinear Solid Mechanics Problems. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, v. 50, n. 9, p. 2053-2068, 2001.
- [CUT69] E. Cuthill, J. McKee. Reducing the bandwidth of sparse symmetric matrices. In: 24th ACM national conference, p. 157–172, New York, NY, USA. ACM Press, 1969.
- [DEO74] Deo, N. *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. USA, 1974.
- [DES07] DE SOUZA, A. F. ; PEDRONI, Felipe Thomaz ; OLIVEIRA, E. ; Patrick Marques Ciarelli ; Wallace F. Henrique ; Lucas Veronese . Automated Free Text Classification of Economic Activities using VG-RAM Weightless Neural Networks. In: 7th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, 2007, Rio de Janeiro. *Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*. Los Alamitos, California - USA : IEEE Computer Society, 2007. p. 782-787.
- [DES08a] DE SOUZA, A. F. ; BADUE, Claudine ; MELOTTI, Bruno Zanetti ; PEDRONI, Felipe T. ; ALMEIDA, Fernando Líbio L. . Improving VG-RAM WNN Multi-label Text Categorization via Label Correlation. Submitted to the 8th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA' 2008). 2008.
- [DES08b] DE SOUZA, A. F. ; BADUE, Claudine ; PEDRONI, Felipe T. ; OLIVEIRA, E. ; DIAS, Stiven Schwanz ; OLIVEIRA, Hallysson ; SOUZA, Soterio Ferreira. Face Recognition with VG-RAM Weightless Neural Networks. To appear in the *Proceedings of the 18th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN'2008)*. 2008.
- [DES08c] DE SOUZA, A. F.; PEDRONI, Felipe T. ; OLIVEIRA, E. ; CIARELLI, Patrick Marques; HENRIQUE, Wallace F.; VERONESE, Lucas; BADUE, Claudine. Automated Multi-label Text Categorization with VG-RAM Weightless Neural Networks. Accepted to *Neurocomputing*. 2008.
- [DEV06] K. Devine, E. Boman, R. Heaphy, R. Bisseling, and U. Catalyurek. Parallel hypergraph partitioning for scientific computing. In *Proc. IPDPS'06*. IEEE, 2006.
- [DEV82] P. A. Devijver and J. Kittler. *Pattern Recognition: A Statistical Approach*. Prentice/Hall Int., London, 1982
- [ELI05] ELIAS, Renato Nascimento ; MARTINS, M. A. D. ; COUTINHO, A. L. G. A., Alvaro L.G.A. Coutinho . Parallel Edge-Based Inexact Newton Solution of Steady Incompressible 3D Navier-Stokes Equations. *Lectures Notes on Computer Sciences*, v. Unico, n. 3648, p. 1237-1245, 2005.
- [ELI06] Elias RN, Coutinho ALGA, Martins MAD, 2006. Inexact Newton-type methods for the solution of steady incompressible viscoplastic flows with the SUPG/PSPG finite element formulation, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*: 195(23-24): 3145-3167.
- [ELI07] Elias R., Coutinho, A.L.G.A., Stabilized edge-based finite element simulation of free-surface flows, *Int. J. Numer. Meth. Fluids* 2007; 54:965–993.
- [FEL01] C.A. Fellipa, K.C. Park, and C. Farhat. Partitioned analysis of coupled system. *Comp. Meths, Appl. Mech. Engrg.*, 190:3247–3270, 2001.
- [FER02] E. S. T. Fernandes, V. C. Barbosa, F. Ramos, “Instruction Usage and the Memory Gap Problem”, *Proceedings of the 14th SBC/IEEE Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing*, Los Alamitos - CA - USA: IEEE Computer Society, pp. 169-175, 2002.
- [GAR79] M.R. Garey, D.S. Johnson. *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, Freeman & Co., New York, 1979.
- [GEB05] A. Gebremedhin, F. Manne, and A. Pothen. What color is your Jacobian? Graph coloring for computing derivatives. *SIAM Review*, 47(4):629–705, Dec. 2005.
- [GEO73] A. George, Nested dissection of a regular finite element mesh, *SIAM Journal of Numerical Analysis*, v. 10, p.345–363, 1973.
- [GIB76] N. E. Gibbs, W.G. Poole, P.K. Stockemeyer. An algorithm for reducing the

bandwidth and profile of a sparse matrix. *SIAM Journal of Numerical Analysis*, v. 13(2), p. 236–250, 1976.

- [GHI10] K. Ghidetti, L. Catabriga, M.C.S Boeres, M.C. Rangel, Study of the Influence of Sparse Matrices Reordering Algorithms on Krylov-Type Preconditioned Iterative Methods. In: IX Argentinian Congress on Computational Mechanis and XXXI Iberian-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2010, Argentina. *Mecânica Computacional*, 2010. v. XXIX. p.1-13.
- [GOL00] M.C. Goldberg, H.P. Luna, *Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos*, Editora Campus, 2000.
- [GON10] L. M. Gonçalves. *Sistema de Navegação de Veículo Inteligente*. Dissertação de Mestrado, PPGEE, Universidade Federal de Itajubá, MG, 2010.
- [HAR01] R. F. Harrington, *Time-Harmonic Electromagnetic Fields*. Wiley-Interscience, New York and London: IEEE Press Series on Electromagnetic Wave Theory, 2001.
- [HAY99] HAYKIN, S. . *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999.
- [HEN06] J. L. Hennessy, D. A. Patterson, “Computer Architecture: A Quantitative Approach, Fourth Edition”, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 2006.
- [HEN07] Bruce Hendrickson and Alex Pothen, Combinatorial Scientific Computing: The Enabling Power of Discrete Algorithms in Computational Science, In *Lecture Notes in Computer Science* 4395:260-280, 2007.
- [HUG04] T. J. R. Hughes, G. Scovazzi and L. P. Franca, *Multiscale and Stabilized Methods*, *Encyclopedia of Computational Mechanics*, John Wiley & Sons, Ltd. (2004)
- [HUG95] T. J. R. Hughes, Multiscale phenomena: Green's functions, the Dirichlet-to-Neumann formulation, sugrid scale models, bubbles and the origin of stabilized methods, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, 127, 387-401 (1995)
- [IRW07] M. J. Irwin, J. P. Shen, “Revitalizing Computer Architecture Research”, Third in a Series of CRA Conferences on Grand Research Challenges in Computer Science and Engineering, December 4-7, 2005, Computing Research Association (CRA), 2007.
- [JON97] M. T. Jones and P. E. Plassmann. Parallel algorithms for adaptive mesh refinement. *SIAM J. Scientific Computing*, 18:686–708, 1997.
- [JUA05] Juanes R, Patzek TW, Multiscale-stabilized solutions to one-dimensional systems of conservation laws, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 194: 2781-2905, 2005.
- [KEL77] H.B. Keller. Numerical solution of bifurcation and nonlinear eigenvalue problems. In P.H. Rabinowitz, editor, *Applications of Bifurcation Theory*, pages 359–384. Academic Press, New York, 1977.
- [KIR06] B. Kirk, J. W. Peterson, R. H. Stogner, and G. F. Carey, libMesh: A C++ Library for Parallel Adaptive Mesh Refinement/Coarsening Simulations. *Engineering with Computers*, vol. 22, no. 3--4, pp. 237--254, 2006.
- [KNO04] Knoll, D.A. and Keyes, D.E., Jacobian-free Newton-Krylov methods: a survey of approaches and applications, *Journal of Computational Physics*, 193 (2004), 357-397.
- [KOM02] KOMATI, Karin Satie ; De Souza, A. F. . Vergence Control in a Binocular Vision System using Weightless Neural Networks. In: *International Symposium on Robotics and Automation*, 2002, Toluca. *Proceedings of the 4th International Symposium on Robotics and Automation*. Los Alamitos : IEEE, 2002.
- [KON05] P. Kongetira, K. Aingaran, K. Olukotun, “Niagara: A 32-Way Multithreaded Sparc Processor”, *IEEE Micro*, Vol. 25, No. 2, pp. 21-29, 2005.
- [LAM08] Lamas, F.S. ; BOERES, M. C. S. ; Cury, D. ; MENEZES, C. S. ; Carlesso, G. . An approach to Comparison of Concept Maps represented by graphs. In: *The 3rd International Conference on Concept Mapping*, 2008, Talin/Helsinki. *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*, 2008. v. 1. p. 1-8.
- [LAN01] J. Lang and J. Verwer. ROS3P - An accurate third-order Rosenbrock solver

designed for parabolic problems. BIT, 41(4):731–738, 2001.

- [LAU98] Jean-Paul Laumond (Editor). Robot Motion Planning and Control. Lectures Notes in Control and Information Sciences 229. Springer, ISBN 3-540-76219-1, 1998, 343p.
- [LEE07] Lee, L. ; Rangel, M. C. ; Boeres, M.C.S. . Reformulação do Problema de Isomorfismo de Grafos como o Problema Quadrático de Alocação. In: XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2007, Fortaleza-CE. Anais do XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. R : ILTC, 2007. v. 1. p. 1-12.
- [LIK08] M. Likhachev, D. Ferguson, G. Gordon, A. Stentz, S. Thrun, Anytime Search in Dynamic Graphs, Artificial Intelligence Journal, v. 172 (14), p. 1613-1643, 2008.
- [LUD71] A. C. Ludwig, "Near-Field Far-Field Transformation using Spherical-Wave Expansions," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 19, no. 2, pp. 214–220, 1971.
- [LUD99] LUDERMIR, T. B. ; CARVALHO, A. ; BRAGA, A. P.; M. SOUTO, C. P. . Weightless Neural Models: A Review of Current and Past Works. Neural Computing Surveys, v. 2, p. 41–61, 1999.
- [LUE04] D. Luebke, M. Harris, J. Krüger, T. Purcell, N. Govindaraju, I. Buck, C. Woolley, A. Lefohn, "GPGPU: general purpose computation on graphics hardware", International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH 2004, Course Notes, 2004.
- [LUE08] D. Luebke, "GPU Computing: The Democratization of Parallel Computing", 13th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS'08), Course Notes, 2008.
- [MAN07] J. L. Manferdelli, "The Many-Core Inflection Point for Mass Market Computer Systems", CTWatch (Cyberinfrastructure Technology Watch) Quartely, Vol. 3, No. 1, pp. 11-17, 2007.
- [MAR07] MARTINS, M. A. D. ; ELIAS, Renato Nascimento ; COUTINHO, A. L. G. A., Alvaro L.G.A. Coutinho . EdgePack: A Parallel Vertex and Node Reordering Package for Optimizing Edge-Based Computations in Unstructured Grids. Lecture Notes in Computer Science, v. 4395, p. 292-304, 2007.
- [MCC07] J. McCalpin, C. Moore, P. Hester, "The Role of Multicore Processors in the Evolution of General-Purpose Computing", CTWatch (Cyberinfrastructure Technology Watch) Quartely, Vol. 3, No. 1, pp. 18-30, 2007.
- [NIC08] J. Nickolls, I. Buck, M. Garland, K. Skadron, "Scalable Parallel Programming with CUDA", ACM Queue, Vol. 6, No. 2, pp. 4-53, March/April 2008.
- [NVI08] NVIDIA, "NVIDIA CUDA Programming Guide 2.0", NVIDIA, 2008.
- [ODE03] Oden, JT, Belytschko, T, Babuska, I, Hughes, TJR. Research directions in computational mechanics. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 192: 913–922, 2003.
- [PAP98] C.H. Papadimitriou, K. Steiglitz. "Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Dover Publications", Inc., 1998.
- [PIN99] A. Pinar and M. T. Heath. Improving performance of sparse matrix–vector multiplication. In Proc. ACM and IEEE International Conference on Supercomputing (SC99), 1999.
- [POT67] P. D. Potter, "Application of Spherical Wave Theory to Cassegrainian-Fed Paraboloids," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 15, no. 6, pp. 727–736, 1967.
- [PRE92] W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, Numerical Recipes in C. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1992.
- [PRE99] R. Preis. Linear-time 1/2- approximation algorithm for maximum weighted matching in general graphs. In C. Meinel and S. Tison, editors, Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS), volume 1563 of LNCS, pages 259–269. Springer Verlag, 1999.
- [SAA03] Yousef Saad, Iterative Methods for Sparse Linear Systems, Second Edition, Society for Industrial - Applied Mathematics, 2003.

- [RAM96] G. Ramalingam, T. Reps, An incremental algorithm for a generalization of the shortest-path problem. *J. Algorithms* v. 21 (2), p. 267-305, 1996.
- [RAN06] M.C. RANGEL, L.C. RESENDO. Um algoritmo construtivo baseado em uma abordagem algébrica do problema quadrático de alocação, *Pesquisa Operacional*, São Paulo, v. 26(1), p. 129-144, 2006.
- [RUS03] S. RUSSELL, P. NORVIG, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2. ed., Pearson Education, Inc, 2003.
- [SAN06] H. G. Santos, E.B. Uchoa, L. S. Ochi. Combining metaheuristics and integer programming on school timetabling problem. In *Proc. of the 1st Workshop on Mathematical Contributions to Metaheuristics (MATHEURISTICS 2006)*, Bologna, Italy, 2006.
- [SAN07] Isaac P. dos Santos e Regina C. Almeida, Nonlinear Subgrid Method for Advection-Difusion Problems, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, vol. 196, pp. 4771--4778 (2007)
- [SAN08a] Santos, I.P., Catabriga, L., Almeida R. C., Edge-based implementation for the NSGS method, 8th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM8), Venice, July, 2008.
- [SAN08b] Santos, I.P., Catabriga, L., Almeida R. C., DATA STRUCTURES FOR THE NONLINEAR SUBGRID STABILIZATION METHOD, Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, Maceió, 2008.
- [SAR97] T. Sarkar, P. Petre, A. Taaghoul, and R. Harrington, "An Alternative Spherical Near Field to Far Field Transformation," *PIER*, vol. 16, pp.269–284, 1997.
- [SIL07] A.R. Silva, L.S. Ochi. A hybrid evolutionary algorithm for the dynamic resource task scheduling problem. In *Proc. of the 10th International Workshop on Nature Inspired Distributed Computing – NIDISC07* held in conjunction with The 21th IEEE-ACM Int. Parallel and Distributed Processing Symposium – IPDPS 2007, Long Beach, USA, 2007.
- [SOD03] G. Soderlind. Digital filters in adptive time-stepping. *ACM Trans. Math. Software*, 29:1–26, 2003.
- [TEN02] J. M. Tendler, J. S. Dodson, J. S. Fields Jr., H. Le, B. Sinharoy, "POWER4 System Microarchitecture", *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 46, No. 1, pp. 5-26, 2002.
- [THR05] S. Thrun, W. Burgard, D. Fox. "Probabilistic Robotics", MIT Press, 2005.
- [VAL05] A.M.P. Valli, G.F. Carey, and A.L.G.A. Coutinho. Control strategies for timestep selection in finite element simulation of incompressible flows and coupled reaction-convectiondiffusion processes. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 47:201–231, 2005.
- [VAL08] A.M.P. Valli, G.F. Carey and A.L.G.A. Coutinho, On Decoupled Timestep/Subcycling and Iteration Strategies for Multiphysics Problems, *Communications in Numerical Methods in Engineering*, Published on line in Wiley InterScience ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)), 2008.
- [WER10] Werner, S.L. ; Catabriga, L. ; Santos, I. P. . Método de estabilização submalha difusão dinâmica aplicado na simulação de escoamento miscível. In: XXXI Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering., 2010, Buenos aires. Mecânica Computacional. Buenos Aires : AMCA, 2010. v. XXIX. p. 4039-4053.
- [WUL95] W. A. Wulf, S. A. McKee, "Hitting the Memory Wall: Implications of the Obvious", *Computer Architecture News*, vol. 23, no. 1, Mar. 1995, pp. 20–24.
- [ZHA09] J. Zhao, M. Whitty, J. Katupitiya. Detection of non-flat ground surfaces using V-disparity images. In *Proceedings of the 2009 IEEE/RSJ international conference on Intelligent robots and systems (IROS'09)*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 4584-4589.

## **Anexo 1: Relatório de Atividades dos Projetos Casadinho Anteriores: FACADIC (2006-2008) e FACADOIC (2008-2011)**

---

Nesta seção apresentamos as metas propostas e alcançadas pelos projetos “Fortalecimento das Áreas de Computação de Alto Desempenho e Inteligência Computacional do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES - FACADIC” e “Fortalecimento das Áreas de Computação de Alto Desempenho, Inteligência Computacional e Otimização do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFES - FACADOIC”, apoiados pelo CNPq em editais Casadinho anteriores. Apresentamos ainda quais foram os resultados científicos e/ou tecnológicos obtidos, quais foram os benefícios obtidos pelos apoios recebidos na melhoria do PPGI e na consolidação dos grupos de pesquisa em Computação de Alto Desempenho, Inteligência Computacional e Otimização, bem como a necessidade de continuidade do apoio que temos recebido.

### **Metas Propostas e Alcançadas no Projeto FACADIC**

As metas do projeto FACADIC 2006-2008 foram:

1. Orientar 2 alunos de doutorado
2. Orientar 6 alunos de mestrado
3. Orientar 6 bolsistas de iniciação científica
4. Publicar 6 artigos nacionais em parceria
5. Publicar 6 artigos em revistas científicas internacionais relevantes em parceria

#### **Meta 1 - Orientar 2 alunos de doutorado**

Dentro do contexto do Projeto, foram formados os doutores José Jerônimo Camata, e Fábio Daros de Freitas (três alunos), e está sendo orientada a aluna de doutorado Norminda Luiza Oliveira Bodart. José Jerônimo Camata e Norminda Luiza Oliveira Bodart desenvolveu/desenvolve tese de doutorado na COPPE sobre o emprego de técnicas numéricas computacionais para a solução de problemas de mecânica dos fluidos com ênfase em aplicações voltadas para a indústria do petróleo, gás e energia. Eles foram alunos de mestrado do PPGI, um deles orientado por dois dos membros do PPGI vinculados ao Projeto. Seus trabalhos de pesquisa de doutorado foram/são orientados por pesquisador da COPPE vinculado ao Projeto e têm sido feitos em cooperação com pesquisadores do Projeto vinculados ao PPGI, como evidenciado por publicações recentes listadas abaixo (José Jerônimo Camata) e pelo fato de um deles (Norminda Luiza Oliveira Bodart) ser co-orientado por membro do PPGI vinculado ao Projeto.

Fábio Daros de Freitas desenvolveu tese sobre seleção de carteiras de investimento (carteiras de ações) de curto prazo usando predição do retorno futuro de ações realizada por meio de redes neurais. Como o custo computacional do treinamento das centenas de redes neurais empregadas (uma para cada ação) é elevado, técnicas de computação de alto desempenho são necessárias. Este trabalho de pesquisa contribuiu para a integração das áreas de Computação de Alto Desempenho e Inteligência Computacional do PPGI.

#### **Meta 2 - Orientar 6 alunos de mestrado**

Na área de Computação de Alto Desempenho, foram orientados os mestres Felipe Thomaz Pedroni, Camilo Carvalho e Adriana Silva Barbosa (três alunos). Felipe Thomas Pedroni desenvolveu pesquisa sobre novas arquiteturas de cache de nível 2 voltadas para CPUs multi-core, Camilo Carvalho desenvolveu pesquisa sobre novos paradigmas de programação voltados para sistemas *many-core* e Adriana Silva Barbosa desenvolveu pesquisa em mecânica computacional com aplicações em meios porosos.

Na área de Inteligência Computacional, foram orientados os mestres: Caribe Zampirolli, Hélio Perroni Filho e Jairo Lucas (três alunos). Hélio Perroni Filho e Jairo Lucas desenvolveram pesquisas sobre o uso de técnicas aprendizado de máquina dentro do contexto de Visão Artificial para medição de dimensões (distâncias, áreas e volumes) em ambientes industriais e reconhecimento de faces, e Caribe Zampirolli desenvolveu pesquisa na área de categorização automática de texto por meio de aprendizado de máquina.

### **Meta 3 - Orientar 6 bolsistas de iniciação científica**

Na área de Computação de Alto Desempenho, foram orientados 2 bolsistas de IC, Rafael Coelho dos Santos e Bruno Henrique Succhy Macedo Brasil, que trabalharam com algoritmos para a solução de sistemas lineares e não-lineares usando processamento paralelo. Na área de Inteligência Computacional, foram orientados 2 bolsistas de IC: Rickson Guidolini e Vicente Bissoli Sessa. Rickson Guidolini e Vicente Bissoli Sessa trabalharam com categorização automática de texto por meio de aprendizado de máquina.

Para atingir a meta de 6 bolsistas de IC, os pesquisadores do Projeto solicitaram bolsas adicionais no edital para bolsas de IC da UFES do ano de 2008. Neste edital, o grupo de Computação de Alto Desempenho teve aprovados projetos envolvendo os seguintes bolsistas de IC: André Ambrósio Boechat, Jorcy de Oliveira Neto, José Eduardo Moreira Selga da Silva, Luciano Coutinho Caldas e Rafael Alves Rodrigues (5 bolsistas).

### **Meta 4 - Publicar 6 artigos nacionais em parceria**

Foram publicados os trabalhos em conferências **nacionais** e **internacionais** ligados direta ou indiretamente ao projeto:

1. A.M.P. Valli, A.L.G.A.Coutinho and G.F. Carey, On Decoupled Timestep/Subcycling and Iteration Strategies for Multiphysics Problems, 14th International Conference on Finite Elements in Flow Problems, pp. 219, Santa Fe, New Mexico, USA, March 26-28, 2007.
2. A.M.P. Valli, J.J. Camata, L. Catabriga, A.L.G.A.Coutinho and G.F. Carey, Simultaneous Space-Time Adaptive Finite Element Simulation of 2D Viscous Flows, CMNE Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia e XXVII Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering (CNME/CILAMCE 2007), CD-ROM, pp. 1-17, Porto, Portugal, June 13-15, 2007.
3. A.M.P. Valli, A.L.G.A.Coutinho and G.F. Carey, Algorithm Stepsize Adaptation using PID Feedback Control, 9th USA National Congress on Computational Mechanics, pp. 45, San Francisco, California, USA, July 22-26, 2007.
4. Alberto F. De Souza, Felipe T. Pedroni, Elias Oliveira, Patrick Marques Ciarelli, Wallace F. Henrique, Lucas Veronese, "Automated Free Text Classification of Economic Activities using VG-RAM Weightless Neural Networks", Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, IEEE Computer Society, pp. 782-787, 2007.
5. Catabriga L., Palestrante convidado do CMNE/CILAMCE – 2007, Krylov space solvers and related data structures in finite element analysis, CMNE Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia e XXVII Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering (CNME/CILAMCE 2007), Porto, Portugal, June 13-15, 2007.
6. Santos, I. P. ; Catabriga, Lucia ; Almeida, R.C. . Edge-based implementation for the NSGS method. 8th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM8) and the 5th. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS), Venice, 30 June - 4 July 2008.
7. RAUBER, T. W. ; VAREJÃO, Flávio Miguel ; DRAGO, Idilio ; Loureiro, S. ; Mendel, E. ; Mariano, L. Z. ; Batista, R., J. . Automatic Bearing Fault Pattern Recognition using Vibration Signal Analysis. In: IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE, 2008, Cambridge, UK. Proc. of IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE, 2008.
8. RAUBER, T. W. ; Conci A. ; BRAUN, T. ; BERNIS, K. . Bhattacharyya Probabilistic Distance of the Dirichlet Density and its Application to Split-And-Merge Image Segmentation. In: International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2008, 2008, Bratislava. Proc. of International Conference on Systems, Signals and Image Processing, 2008.
9. Coelho, R.S., Catabriga, L. "Effects of Ordering Strategies in a Parallel Finite Difference Implementation Using the PETSC Library", XXIX CILAMCE - Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, Maceió, Alagoas, 4-7 de novembro, 2008.
10. Marcos A. Mendes, Márcio Arab Murad, Luis Felipe F. Perreira, Lucia Catabriga, A.M.P. Valli, Modelagem Computacional de Escoamento Bifásico com Acoplamento Geométrico, XXIX CILAMCE - Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, Maceió, Alagoas, 4-7 de novembro, 2008.
11. Alberto F. De Souza, Claudine Badue, Felipe Pedroni, Elias Oliveira, Stiven Schwanz Dias, Hallysson Oliveira and Soterio Ferreira de Souza. Face Recognition with VG-RAM

- Weightless Neural Networks. International Conference on Neural Networks – ICANN'2008. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5163, pp. 951-960, 2008.
12. Alberto F. De Souza, Claudine Badue, Bruno Z. Melotti, Felipe T. Pedroni, Fernando L. L. Almeida. Improving VG-RAM WNN Multi-label Text Categorization via Label Correlation. In Proceedings of the 2nd Workshop on Intelligent Text Categorization and Clustering (WITCC 2008) at the 8th International Conference on Intelligent System Design and Applications (ISDA 2008), Kaohsiung City, Taiwan, 2008 (to be published).
  13. Elias Oliveira, Patrick M. Ciarelli, Claudine Badue. A Comparison Between a kNN Based Approach and a PNN Algorithm for a Multi-Label Classification Problem. In Proceedings of the 2nd Workshop on Intelligent Text Categorization and Clustering (WITCC 2008) at the 8th International Conference on Intelligent System Design and Applications (ISDA 2008), Kaohsiung City, Taiwan, 2008 (to be published).
  14. A Multi-measure Nearest Neighbor Algorithm for Time Series Classification; Fabio Fabris, Idílio Drago, Flávio Miguel Varejão, IBERAMIA 2008 - 11th Ibero-American Artificial Intelligence Conference, Lisboa, Portugal, 2008.
  15. K-means Initialization Methods for Improving Clustering by Simulated Annealing; Gabriela Trazzi Perim, Estefhan Wandekokem, Flávio Miguel Varejão, IBERAMIA 2008 - 11th Ibero-American Artificial Intelligence Conference, Lisboa, Portugal, 2008.
  16. A.M.P. Valli, A.L.G.A. Coutinho and G.F. Carey, Continuation Techniques with Parameter Step Control, XXXI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC 2008), Belém, Pará, 8-11 de setembro, 2008.
  17. Alberto F. De Souza, Franco Machado, "Visão artificial na medição e controle da produção e fluxo de materiais - do manuseio de granel até as linhas de produção", Anais do XXVI Seminário de Logística, 2007.
  18. Elias Oliveira, Patrick M. Ciarelli, Wallace F. Henrique, Lucas Veronese, Felipe T. Pedroni, Alberto F. De Souza, "Intelligent Classification of Economic Activities from Free Text Descriptions", Anais do V Workshop em Tecnologia da Informação e da Linguagem Humana, pp. 1635-1639, 2007.
  19. DRAGO, I. ; VAREJAO, F. M. . Uma análise experimental de métricas de similaridade na classificação de séries temporais. In: Encontro Nacional de Inteligência Artificial, 2007, Rio de Janeiro. Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2007. p. 1092-1101.
  20. VAREJAO, F. M. ; LOUREIRO, S. M. ; DRAGO, I. ; Commeti, E.S. . MELHORAMENTO DA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS COMERCIAIS ATRAVÉS DA ANÁLISE COMPUTACIONAL INTELIGENTE DOS DADOS DE CONSUMIDORES. In: II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007, Vitória - ES. Anais do II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007.
  21. Perim, G.T. ; Pimentel, H.B. ; Commeti, E.S. ; VAREJAO, F. M. . UMA ABORDAGEM BASEADA EM CONHECIMENTO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS ELÉTRICAS. In: II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007, Vitória - ES. Anais do II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007.
  22. Margoto, L. R. ; Côgo, P. P. ; Commeti, E.S. ; VAREJAO, F. M. . MAMFRED - UM SISTEMA DE AUXÍLIO À DETECÇÃO DE FRAUDES EM CONSUMIDORES COM TARIFAS HORO-SAZONAIS DE ENERGIA. In: II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007, Vitória - ES. Anais do II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007.
  23. G. Ceschiatti, S.C.A. Pereira, J.J. Camata, R.N. Elias, L. Catabriga, R. Willmersdorf, A. Coutinho, "Solvers" de Krylov em Paralelo no Simulador de Bacias da Petrobras, Encontro Gene Golub 2008, UERJ, Rio de Janeiro.
  24. Coutinho, A.L.G.A., Catabriga, L., I Jornada de Computação de Alto Desempenho, Minicursos: Computação de Alto Desempenho aplicado ao Método dos elementos Finitos e Estrutura de Dados e Solvers, Escola de Verão do LNCC, 2008.
  25. Fernando L. L. Almeida, Alberto F. De Souza, Edil S. T. Fernandes. DTSD: Uma Arquitetura com Mecanismo Híbrido de Execução. IX Simpósio em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho – WSCAD-SSC'2008.
  26. Gabriela Trazzi Perim, Flávio Miguel Varejão. Aplicação de Método baseado em PCA para inicialização do Simulated Annealing no problema de Particionamento de Dados. XL SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, 2008.
  27. Eduardo Mendel, Lessandro Zagoto Mariano, Idilio Drago, Suelen Loureiro Marconsini, Thomas Walter Rauber, Flávio Miguel Varejão, Rodrigo José Baptista. Reconhecimento Automático de Padrões de Falhas em Rolamentos Usando Análise de Sinais de Vibração. XVII Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2008), Juiz de Fora, 2008.

28. Idílio Drago, Letícia Rosseti Margoto, Guilherme Nogueira, Evandro Scopel Cometti, Rodrigo Ferro, Flávio Miguel Varejão. Extensão de Ambiente de Detecção de Perdas Comerciais Através de Análise de Características Temporais das Curvas de Consumo de Consumidores. XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica - SENDI, Olinda, 2008.
29. Claudine Badue, Felipe T. Pedroni, Alberto F. De Souza. Multi-Label Text Categorization using VG-RAM Weightless Neural Networks. In Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Neural Networks (SBRN 2008), Salvador, Bahia, Brazil, 2008.
30. Elias Oliveira, Patrick M. Ciarelli, Claudine Badue. Using a Probabilistic Neural Network for a Large Multi-Label Problem. In Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Neural Networks (SBRN 2008), Salvador, Bahia, Brazil, 2008.

**Meta 5 - Publicar 6 artigos em revistas científicas internacionais relevantes em parceria**

Foram publicados os seguintes trabalhos ligados direta ou indiretamente ao projeto:

1. A.M.P. Valli, G.F. Carey and A.L.G.A. Coutinho, On Decoupled Timestep/Subcycling and Iteration Strategies for Multiphysics Problems, Communications in Numerical Methods in Engineering, Published on line in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com), 2008.
2. Edited by Andréa M.P. Valli and Alvaro L.G.A Coutinho, Special Issue: Ibero-Latin American Conference on Computational Methods in Engineering (CILAMCE 2005), Communications in Numerical Methods in Engineering, Volume 23, Issue 6, Date: June 2007, Pages: 417, ISSN 1099-0887.
3. L. Catabriga, D.A.F. Souza, A.L.G.A. Coutinho, T.E. Tezduyar, 3D Edge-Based SUPG Computation of Inviscid Compressible Flows with YZBeta Shock-Capturing., Journal of Applied Mechanics, JAM-08-1218, to appear, 2008.
4. A.M.P. Valli, G.F. Carey and A.L.G.A. Coutinho, Adaptive PID Control of Incremental and Arclength Continuation in Nonlinear Application, International Journal for Numerical Methods in Fluids, submitted, 2008.
5. Alberto F. De Souza, Rajkumar Buyya, Guest Editorial Introduction to the Special Issue on the 18th International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing. International Journal of Parallel Programming, v. 36, p. 1-5, 2008.
6. Peter Rounce, Alberto F. De Souza, Dynamic Instruction Scheduling in a Trace-based Multi-threaded Architecture, International Journal of Parallel Programming, v. 1, p. 1000-1015, 2008.
7. Alberto F. De Souza, Claudine Badue, Felipe T. Pedroni, Multi-Label Text Classification using VG-RAM Weightless Neural Networks (aceito para publicação). Neurocomputing, 2008.
8. RAUBER, T. W. ; BRAUN, T. ; BERNS, K. . Probabilistic Distance Measures of the Dirichlet and Beta Distributions. Pattern Recognition, v. 41, p. 637-645, 2008.
9. Fabio Freitas, Alberto F. De Souza, Ailson Rosetti. Prediction-Based Portfolio Optimization Model using Neural Networks. (aceito para publicação), Neurocomputing, 2008.

**Metas Propostas e Alcançadas no Projeto FACADOIC**

As metas do projeto FACADOIC 2008-2011 foram:

1. Orientar 3 alunos de doutorado
2. Orientar 6 alunos de mestrado
3. Orientar 6 bolsistas de iniciação científica
4. Publicar 6 artigos nacionais em parceria
5. Publicar 6 artigos em revistas científicas internacionais relevantes em parceria

**Meta 1 - Orientar 3 alunos de doutorado**

Correntemente, dentro do contexto do Projeto, estão sendo orientados 3 alunos de doutorado: Norminda Luiza Oliveira Bodart, Mariella Berger e Lucas de Paula Veronese. Norminda Luiza Oliveira Bodart desenvolve tese de doutorado na COPPE sobre o emprego de técnicas numéricas computacionais para a solução de problemas de mecânica dos fluidos utilizando formulações estabilizadas do método dos elementos finitos. Ela foi aluna de mestrado do PPGI, tendo sido orientada por dois dos membros do PPGI. Seu trabalho de pesquisa de doutorado é orientado por pesquisador da COPPE vinculado ao Projeto e têm sido feitos em cooperação (co-orientação) com pesquisador do Projeto vinculado ao PPGI, como evidenciado por publicações recentes listadas abaixo. Mariella Berger e Lucas de Paula

Veronese desenvolvem tese de doutorado no PPGI sobre representação interna ao computador de objetos fixos e móveis baseada em visão computacional utilizando processamento de alto desempenho. Seus trabalhos de pesquisa de doutorado são orientados por membros do PPGI vinculados ao Projeto.

### **Meta 2 - Orientar 6 alunos de mestrado**

Foram orientados e concluíram seus trabalhos 10 mestrandos (parte deles iniciou seu trabalho no projeto FACADIC e terminou no FACADOIC): Camilo Carvalho, Adriana Silva Barbosa, Hélio Perroni Filho, Jairo Lucas de Moraes, Caribe Zampirolli, Lucas de Paula Veronese e Suzi Lara Werner. Camilo Carvalho desenvolveu pesquisa sobre novos paradigmas de programação voltados para sistemas many-core; Adriana Silva Barbosa desenvolveu pesquisa em mecânica computacional com aplicações em meios porosos; Hélio Perroni Filho desenvolveu pesquisa sobre o uso de técnicas aprendizado de máquina dentro do contexto de Visão Artificial para medição de profundidade com uma única câmera; Jairo Lucas de Moraes desenvolveu pesquisa em controle de acesso baseado em biometria facial; Caribe Zampirolli desenvolveu pesquisa em medidas de certeza na categorização multi-rótulo de texto e sua utilização como estratégia de poda no ranking de categorias; Lucas de Paula Veronese desenvolveu pesquisa sobre categorização de texto de alto desempenho via utilização de Cloud Computing; Suzi Lara Werner desenvolveu pesquisa sobre método de estabilização submalha difusão dinâmica aplicado na simulação de escoamento miscível em meios porosos; Kamila Ghidetti desenvolveu pesquisa no estudo de algoritmos de reordenamento de matrizes esparsas; Suzi Lara Werner desenvolveu um estudo em formulações estabilizadas multi-malha com aplicações em meios porosos; e Wesley dos Santos Menenguci estudou Implementações de Modelos de Mecânica dos Fluidos Computacional em Sistemas Many-Core usando CUDA.

Estão em andamento as orientações:

1. Em conjunto do aluno de mestrado do PPGI/UFES João Olavo Baião de Vasconcelos pelas professoras Maria Cláudia Silva Boeres (orientadora) e Lúcia Catabriga (co-orientadora), sendo o projeto intitulado: Estudo de Problemas de Otimização no Contexto da Indústria do Petróleo.
2. Do mestrando Luiz Claudio Silva Magnago do PPGI/UFES, que, sob a orientação de Lucia Catabriga, desenvolve pesquisa na área de mecânica computacional, sendo seu projeto intitulado: Simulação de desgaste no cadinho de alto fornos utilizando formulações de problemas inversos.

### **Meta 3 - Orientar 6 bolsistas de iniciação científica**

1. Estão em andamento ou foram concluídas as orientações de Iniciação Científica dos alunos:
2. Marcos Antônio de Oliveira Campos Filho (Curso de Engenharia de Computação) pela professora Lucia Catabriga, sendo o projeto intitulado: Processamento Paralelo utilizando múltiplos núcleos de processamento em C+CUDA.
3. Rafael Alves Rodrigues (Curso de Engenharia de Computação) pela professora Lucia Catabriga, sendo o projeto intitulado: Estudo de Processamento Paralelo utilizando a biblioteca PETSc.
4. Thiago Molino Moreira (Curso de Engenharia Elétrica) pela professora Maria Cristina Rangel, sendo o projeto intitulado: Avaliação de Matrizes Esparsas Utilizando Meta-Heurística Grasp.
5. Rafael Calmon (Curso de Engenharia de Computação) pela professora Maria Cláudia Silva Boeres, sendo o projeto intitulado: Estudo do Problema do Caixeiro Viajante para Simulações Numéricas com Matrizes Esparsas de Grande Porte.
6. Marcos Vinícius Batista Sueiro de Lima (Curso de Engenharia de Computação) pela professora Maria Claudia Silva Boeres, sendo o projeto intitulado: Avaliação de Matrizes Esparsas utilizando a Meta-heurística TABU.
7. Lauro José Lyrio Junior (Curso de Engenharia de Computação) pelo professor Alberto F. De Souza, sendo o projeto intitulado: Novas Técnicas para a Solução do Problema de Localização e Mapeamento Simultâneos no Contexto de Robótica Empregando Visão Artificial.
8. Jorcy de Oliveira Neto (Curso de Engenharia de Computação) pelo professor Alberto F. De Souza, sendo o projeto intitulado: DTSD: Uma Arquitetura com Mecanismo Híbrido de Execução.

9. Jader Gomes Nascimento (Curso de Engenharia de Computação) pela professora Claudine Badue, sendo o projeto intitulado: Seleção de Carteiras de Investimento Usando Redes Neurais Sem Peso.
10. Victor Nascimento Neves (Curso de Ciência da Computação) pela professora Claudine Badue, sendo o projeto intitulado: Sistema Neural de Reconhecimento de Imagens de Alto Desempenho.
11. Ernane Schaeffer Bergamin (concluída). Estudos de Métodos das Diferenças Finitas Para Problemas Convectivos e Difusivos Estacionários. 2010. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia de Petróleo). Orientador: Isaac Pinheiro dos Santos
12. Lyvia Aloquio (concluída). Método dos Elementos Finitos Para Problemas Convectivos e Difusivos Estacionários. 2010. Iniciação Científica. (Graduando em Matemática). Orientador: Isaac Pinheiro dos Santos.

**Meta 4 - Publicar 6 artigos nacionais em parceria**

Foram publicados os trabalhos em conferências **nacionais** e **internacionais** ligados direta ou indiretamente ao projeto:

1. DE SOUZA, A. F. ; PERRONI FILHO, H. VG-RAM WNN Approach to Monocular Depth Perception. In: 17th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP'10), 2010, Sydney, Austrália.
2. DE SOUZA, A. F. ; FREITAS, F.D. ; ALMEIDA, A. G. C. de. High Performance Prediction of Stock Returns with VG-RAM Weightless Neural Networks. In: Workshop on High Performance Computational Finance at the International Conference for High Performance Computing Networking Storage and Analysis (SC'10), 2010, New Orleans, LA, USA.
3. PEDRONI, Felipe; DE SOUZA, A. F.; BADUE, Claudine. The Dynamic Block Remapping Cache In: 22nd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC'10), 2010, Petrópolis, RJ, Brazil. Proceedings of the 22nd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC'10), 2010. p.111 – 118.
4. VERONESE Lucas; DE SOUZA, A. F. ; BADUE, Claudine ; OLIVEIRA, E. ; Ciarelli, Patrick M. . Implementation in C+CUDA of Multi-Label Text Categorizers. In: NVIDIA Research Summit, 2009, San Jose. Proceedings of the NVIDIA Research Summit. San Jose : NVIDIA, 2009.
5. CARVALHO, C. A. ; DE SOUZA, A. F. ; VERONESE, Lucas; OLIVEIRA, Hallysson . Implementation of a Biologically Inspired Stereoscopic Vision Model in C+CUDA. In: NVIDIA Research Summit, 2009, San Jose. Proceedings of the NVIDIA Research Summit. San Jose : NVIDIA, 2009.
6. BARBOSA, A. C. ; CATABRIGA, L. ; VALLI, A. M. P. ; MALTA, S. M. C. ; MUNIZ, L. . Experiments using a Finite Element Formulation of Incompressible Miscible Displacements in Porous Media. In: XXXII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2009, Cuiabá. Anais do XXXII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2009. v. 1. p. 1-7.
7. BARBOSA, A. C. ; CATABRIGA, L. ; De SOUZA, A.F. ; VALLI, A. M. P. . Análise do processamento paralelo em Clusters multicore na simulação de escoamento miscível implementado pelo método dos elementos finitos. In: X Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho, 2009, São Paulo. Anais do X Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho.
8. BARBOSA, A. C. ; CATABRIGA, L. ; VALLI, A. M. P. ; De Souza, A.F. . Evaluation of Parallel Simulations on Multi-core clusters of miscible displacement applications. In: Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009. v. 1. p. 1-15.
9. CAMATA, J. J. ; COUTINHO, A. L. G. A. ; VALLI, A. M. P. ; CATABRIGA, L. ; CAREY, G. F. . Block ILU preconditioners for parallel AMR/C simulations. In: Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009. v. 1. p. 1-9.
10. RODRIGUES, R. A. ; CATABRIGA, L. . Estudo de uma formulação implícita-explícita para escoamentos incompressíveis. In: Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009. v. 1. p. 1-14.

11. BOECHAT, A.A.; VALLI, A.M.P., Funcionalidades da Biblioteca libMesh na Resolução de Escoamentos de Fluidos pelo Método dos Elementos Finitos, XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering (CILAMCE 2009), v. 1 p. 1-11, Armação de Búzios, RJ, 08-11 de novembro 2009.
12. VERONESE, L.P.; De Souza, A. F.; BADUE, Claudine; OLIVEIRA, Elias. Implementação Paralela em C+CUDA de um Categorizador Multi-Rótulo de Texto Baseado no Algoritmo k-NN. In: 10o Simpósio em Sistemas Computacionais (WSCAD-SSC'09), 2009, São Paulo. Anais do 10o Simpósio em Sistemas Computacionais (WSCAD-SSC'09), 2009. p.145 – 152.
13. VERONESE, L.P.; De Souza, A. F.; BADUE, Claudine; OLIVEIRA, Elias. Implementação Paralela em C+CUDA de uma Rede Neural Probabilística. In: Workshop de Iniciação Científica do 10o. Simpósio em Sistemas Computacionais (WSCAD-WIC'09), 2009, São Paulo. Anais do Workshop de Iniciação Científica do 10o. Simpósio em Sistemas Computacionais (WSCAD-WIC'09), 2009.
14. FREITAS, F.D. ; CIARELLI, P.M. ; DE SOUZA, A. F. . Previsão da Arrecadação Federal com Redes Neurais. In: IX Congresso Brasileiro de Redes Neurais, 2009, Ouro Preto. Anais do IX Congresso Brasileiro de Redes Neurais. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Redes Neurais, 2009.
15. LEMONGE, A.C.C., BARBOSA, H.J.C., Fonseca, L.G., Coutinho, A.L.G.A., A Genetic Algorithm for Topology Optimization of Dome Structures. International Conference on Engineering Optimization, 2010, Lisboa. Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Optimization 2010.
16. Rossa, A.L., CAMATA, J.J., Coutinho, A.L.G.A., Hourglass Control for the Stabilized Finite Element Solution of Coupled Incompressible Viscous Flows and Heat Transfer. MECOM e CILAMCE 2010, 2010, Buenos Aires. Anais do IX MECOM e XXXI CILAMCE, 2010. v.XXIX. p.3169-3784.
17. Fernandes, G.A., Coutinho, A.L.G.A., Cunha, G.G., Overview of Augmented Reality Research in Air Transport. ATRS - Air Transport Research Society Conference, 2010, Porto, Portugal. Proceedings of the 14th ATRS Conference.
18. CAMATA, J.J., Coutinho, A.L.G.A., Parallel Linear Octree Meshing with Immersed Surfaces. International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing, 2010, Petrópolis, RJ. Anais do 22o. SBAC-PAD. IEEE Computer Society, 2010. p.151-158.
19. Aveleda, A.A., ELIAS, R.N., CAMATA, J.J., Coutinho, A.L.G.A., Performance Comparison of Scientific Applications on Linux and Windows HPC Server Clusters. MECOM e CILAMCE 2010, 2010, Buenos Aires. Anais do IX MECOM e XXXI CILAMCE, 2010. v.XXIX. p.2985-2997.
20. SESINI, P., Coutinho, A.L.G.A., Stabilized Finite Element Methods for Three-Phase Porous Media Flows, MECOM e CILAMCE 2010, 2010, Buenos Aires. Anais do IX MECOM e XXXI CILAMCE, 2010. v.XXIX. p.8753 - 8765
21. March, R., Coutinho, A.L.G.A., ELIAS, R.N., Stabilized Finite Element Simulation of Double Diffusive Natural Convection. MECOM e CILAMCE 2010, 2010, Buenos Aires. Anais do IX MECOM e XXXI CILAMCE, 2010. v.XXIX. p.7985 - 8000
22. de Souza, Denis A.F., Coutinho, A.L.G.A., Comparison of Preconditioners for Advection-Diffusion and Euler Equations. XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX CILAMCE, 2009.
23. da Silva, C.E., Guevara Jr., N.O., ALVES, J.L.D., Coutinho, A.L.G.A., Elias, R.N., Martins, M.A.D., FERREIRA, M.D.A.S., EdgeCFD-Ale: A finite element system for complex fluid-structure interactions in offshore engineering. XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX CILAMCE, 2009.
24. Elias, R.N., CAMATA, J.J., Coutinho, A.L.G.A., Evaluation of Parallel and Communication Models in the Finite Element Solution of Coupled Viscous Flow and Transport Problems. XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX CILAMCE, 2009.
25. OGASAWARA, E., OLIVEIRA, D., CHIRIGATI, F., Barbosa, C.E., ELIAS, R.N., Braganholo, V., COUTINHO, A.L.G.A., MATTOSO, Marta L. Queiros, Exploring many task computing in scientific workflows. Conference on High Performance Networking and Computing, Proceedings of the 2nd Workshop on Many-Task Computing on Grids and Supercomputers, 2009, Portland, OR. ACM, 2009. v.1. p.1 - 10

26. CAMATA, J.J., ELIAS, R.N., Coutinho, A.L.G.A., Meshing Strategies for Large Scale Problems. XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX CILAMCE, 2009.
27. CAMATA, J.J., ELIAS, R.N., COUTINHO, A.L.G.A., MPI Broadcast com Compressão de Números de Ponto Flutuante. X Simpósio em Sistemas Computacionais, 2009, São Paulo. Anais do X WSCAD-SSC 2009. p. 37-43
28. Elias, R.N., GONCALVES Jr., M.A., ESPERANCA, P.T.T., Coutinho, Alvaro L.G.A., Martins, M.A.D., FERREIRA, M.D.A.S., Progressive Wave Simulation Using Stabilized Edge-Based Finite Element Methods. ASME 28th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE 2009, 2009, Honolulu, Hawaii.
29. de Souza, Denis A.F., HENAO, C.A., Coutinho, A.L.G.A., Stabilized Finite Element Simulation of Oil-Water Porous Media Flow for Petroleum Secondary Migration. XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX CILAMCE.
30. HENAO, C.A., Coutinho, A.L.G.A., Franca, Leopoldo P., Unusual Stabilized Finite Element Method for Transient Transport Equation. XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 2009, Armação de Búzios. Proceedings of the XXX CILAMCE.
31. ELIAS, R.N., Braganholo, V., Clarke, J., Santos, I.H.F., MATTOSO, M.L.Q., Coutinho, A.L.G.A., Using XML with Large Parallel Datasets: Is There Any Hope?. International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics, 2009, Moffett Field, CA, EUA.
32. da Silva, C.E., Guevara Jr., N.O., Alves, J.L.D., Coutinho, A.L.G.A., ELIAS, R.N., ROCHINHA, F. A., Martins, M.A.D., FERREIRA, M.D.A.S., EdgeCFD-Ale: A finite element system for complex fluid-structure interactions in offshore engineering. ECCM - European Conference on Computational Mechanics, 2010, Paris. Proceedings of the IV ECCM 2010. ECCOMAS, 2010.
33. Coutinho, A.L.G.A., da Silva, C.E., Guevara Jr., N.O., ALVES, J.L.D., Elias, R.N., Rochinha, Fernando A., Martins, M.A.D., FERREIRA, M.D.A.S., EDGE CFD-ALE: a Finite Element System for Complex Fluid-Structure Interactions in Offshore Hydrodynamics. WCCM - World Congress on Computational Mechanics, Sydney, Australia. Proceedings of 9th WCCM/APCOM 2010.
34. MATTOSO, M.L.Q., Coutinho, A.L.G.A., Elias, R.N., OLIVEIRA, D., OGASAWARA, E., Exploring Parallel Parameter Sweep in Scientific Workflows. WCCM - World Congress on Computational Mechanics, 2010, Sydney, Australia. Proceedings of 9th WCCM/APCOM.
35. Paraizo, P.L.B., Moraes, M.A.S., Viana, A.R., Empinotti, T.C.A., ELIAS, R.N., Coutinho, A.L.G.A., Hydrodynamic Controls on Sand Dispersal in Channel – Lobe Transition – Insights from Numerical Simulations. International Sedimentological Congress (ISC), 2010, Mendoza, Argentina. Proceedings of the 18th ISC.
36. CAMATA, J.J., ELIAS, R.N., Coutinho, A.L.G.A., Performance Analysis of Finite Element Subdomain Communication Models. WCCM - World Congress on Computational Mechanics, 2010, Sydney, Australia. Proceedings of 9th WCCM/APCOM.
37. Coutinho, A.L.G.A., CAMATA, J.J., Rossa, A.L., VALLI, A.M. P., CATABRIGA, L., CAREY, G.F., Reordering Effects on Block-Ilu Preconditioners for Parallel Amr/c. 14th SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing, 2010, Seattle, WA.
38. Coutinho, A.L.G.A., Supercomputing for Engineering : Enabling Solving Complex Problems. Conference of Computational Interdisciplinary Sciences (CCIS), 2010, São José dos Campos, SP.
39. SESINI, P., Coutinho, A.L.G.A., Elias, R.N., Cruz, A.G.B., Guerra, G., Rochinha, F.A., Lins, E.F., Verification of a Residual Based-Variational Multiscale Method Applied to Incompressible Flows. WCCM - World Congress on Computational Mechanics, 2010, Sydney, Australia. Proceedings of 9th WCCM/APCOM.
40. Paraizo, P.L.B., Moraes, M.A.S., Elias, R.N., Coutinho, A.L.G.A., 3-D Turbulent Dynamical Flow-Bottom Interaction Simulation. Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional - CNMAC, 2010, Águas de Lindóia, SP. Anais do XXXIII CNMAC. p.1179 - 1180
41. COUTINHO, A.L.G.A., FRANCA, L.L.C.P., HENAO, C.A., ROCHINHA, F.A., A stabilized method for transient transport equations. 15th International Conference on Finite Elements in Flow Problems, 2009, Toquio., Japao: Chuo University, v.1. p.133 - 133

42. Lins, E.F., Guerra, G., ELIAS, R.N., ROCHINHA, F.A., Coutinho, A.L.G.A., Computational Advances on Residual-based Variational Multiscale Modeling of Turbulence on Unstructured Grid. 10th US National Congress on Computational Mechanics, 2009, Columbus OH.
43. Lins, E.F., ELIAS, R.N., ROCHINHA, F.A., COUTINHO, A.L.G.A., Edge-Based Residual Variational Multiscale Solution of Free-Surface Flows. International Conference on Finite Elements in Flow Problems, 2009, Tokyo. Proceedings of the 15th FEF. p.140 - 140
44. ELIAS, R.N., Paraizo, P.L.B., COUTINHO, A.L.G.A., Stabilized Finite Element Simulation of Particle-Driven Gravity Currents. International Conference on Finite Elements in Flow Problems, 2009, Tokyo. Proceedings of the 15th FEF, p.76 - 76
45. da Silva, C.E., Guevara Jr., N.O., Alves, J.L.D., Elias, R.N., MENDONÇA, A.L., SESINI, P., March, R., Coutinho, A.L.G.A., Bernadá, G.M.G., Lins, E.F., Rochinha, F.A., GONCALVES JR., M.A., ESPERANCA, P.T.T., MARTINS, M.A.D., FERREIRA, M.D.A.S., EDGE CFD-ALE: a Finite Element System for Complex Fluid-Structure Interactions in Offshore Engineering. Latin American CFD Workshop Applied to the Oil and Gas Industry, 2010, Rio de Janeiro. v.unico. p.36 - 37
46. ELIAS, R.N., CAMATA, J.J., Paraizo, P.L.B., Coutinho, A.L.G.A., Communication and Performance Evaluation of Edge-based Coupled Fluid Flow and Transport Computations. Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering III, 2009, Ischia. Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering. Barcelona: CIMNE.
47. Elias, R.N., Braganholo, V., Clarke J., MATTOSO, M.L.Q., Coutinho, A.L.G.A., Using XML with Large Parallel Datasets: Is There Any Hope?. 21st International Conference on Parallel Fluid Dynamics, 2009, Moffett Field, CA. Parallel CFD 2009, Proc 21st Int Conf on Parallel Fluid Dynamics. Moffett Field: NASA Ames, v.1. p.219 – 223
48. Valentim, M., Estefhan D. Wandekokem, Mendel, E., Fabris, F., VAREJÃO, Flávio Miguel, RAUBER, T. W., Batista, R., J. A Comparison of Two Feature-Based Ensemble Methods for Constructing Motor Pump Fault Diagnosis Classifiers In: IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2010, Arras, France. Proc. of the IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI). , 2010.
49. Estefhan D. Wandekokem, Batista, R., J., VAREJÃO, Flávio Miguel, RAUBER, T. W. . An overproduce-and-choose strategy to create classifier ensembles with tuned SVM parameters applied to real-world fault diagnosis In: 15th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition, 2010, São Paulo. Proc. of the 15th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition. , 2010.
50. Valentim, M., Estefhan D. Wandekokem, Mendel, E., Fabris, F., VAREJÃO, Flávio Miguel, RAUBER, T. W., Batista, R., J. . Constructing Feature-based Ensemble Classifiers for Real-World Machines Fault Diagnosis In: 36th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2010, 2010, Phoenix, AZ, USA. Proc. of the 36th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2010. , 2010.
51. Estefhan D. Wandekokem, Mendel, E., Fabris, F., Valentim, M., VAREJÃO, Flávio Miguel, RAUBER, T. W., Batista, R., J. . Data-driven Fault Diagnosis of Oil Rig Motor Pumps Using a Novel Multiple Classifier System In: 17th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing, 2010, Rio de Janeiro, RJ. Proc. of 17th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing. Rio de Janeiro: , 2010.
52. Estefhan D. Wandekokem, Mendel, E., RAUBER, T. W., VAREJÃO, Flávio Miguel, Batista, R., J. . SVM classifier ensembles based on feature and parameter variation for real-world fault diagnosis In: 15th Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications, 2010, Guimarães, Portugal. Proc. of the 15th Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications. , 2010.
53. SANTOS, I. P ; CATABRIGA, L. ; ALMEIDA, R. C. . EVALUATION OF THE GMRES METHOD APPLIED ON THE STABILIZED DYNAMIC DIFFUSION METHOD. In: IX Argentinian Congress on Computational Mechanis and XXXI Iberian-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2010, Buenos Aires. Mecánica Computacional, 2010. v. XXIX. p. 3865-3881
54. WERNER S. L. ; CATABRIGA, L. ; SANTOS, I. P . MÉTODO DE ESTABILIZAÇÃO SUBMALHA DIFUSÃO DINÂMICA APLICADO NA SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTO MISCÍVEL. In: IX Argentinian Congress on Computational Mechanis and XXXI Iberian-

- Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2010, Argentina. *Mecânica Computacional*, 2010. v. XXIX. p. 4039-3053.
55. Ghidetti, K., Catabriga, L., Boeres, M.C.S, Rangel, M.C. Study of the Influence of Sparse Matrices Reordering Algorithms on Krylov-Type Preconditioned Iterative Methods. In: IX Argentinian Congress on Computational Mechanis and XXXI Iberian-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2010, Argentina. *Mecânica Computacional*, 2010. v. XXIX. p.1-13.
  56. Ghidetti, K., Catabriga, L., Boeres, M.C.S. Um estudo comparativo de métodos heurísticos para reordenamento de matrizes esparsas. In: XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves-RS, 2009, p. 1-12
  57. Ghidetti, K., Catabriga, L., Boeres, M.C.S, Rangel, M.C., A study of the influence of sparse matrices reordering algorithms for ILU(p) preconditioner on the GMRES method. In: Fifth SIAM Workshop on Combinatorial Scientific Computing, 2011, p. 125-127.

**Meta 5 - Publicar 6 artigos em revistas científicas internacionais relevantes em parceria**

Foram publicados os seguintes trabalhos ligados direta ou indiretamente ao projeto:

1. DE SOUZA, A. F.; MELOTTI, B.Z.; BADUE, C.. Multi-Label Text Categorization with a Data Correlated VG-RAM Weightless Neural Network. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, v.72, p.2209 - 2217, 2009.
2. CIARELLI, P.M.; OLIVEIRA, E.; BADUE, C. Multi-Label Text Categorization Using a Probabilistic Neural Network. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, v.1, p.133 - 144, 2009.
3. Valli A.M.P., Elias R.N., Carey G.F. and Coutinho, A.L.G.A.; PID Adaptive Control of Incremental and Arclength Continuation in Nonlinear Applications, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, v.61, p. 1181-1200, 2009.
4. DE SOUZA, A. F.; PEDRONI, F.; OLIVEIRA, E.; CIARELLI, P.M.; HENRIQUE, W. F.; VERONESE, L.P.; BADUE, C. . Automated Multi-label Text Categorization with VG-RAM Weightless Neural Networks. *Neurocomputing (Amsterdam)*, v. 72, p. 2209-2217, 2009.
5. FREITAS, F.D. ; DE SOUZA, A.F. ; ALMEIDA, A.R. Prediction-based portfolio optimization model using neural networks. *Neurocomputing (Amsterdam)*, v. 72, p. 2155-2170, 2009.
6. Catabriga, Lucia ; de Souza, Denis A. F. ; Coutinho, Alvaro L. G. A. ; Tezduyar, Tayfun E. . Three-Dimensional Edge-Based SUPG Computation of Inviscid Compressible Flows With YZB Shock-Capturing. *Journal of Applied Mechanics*, v. 76, p. 021208, 2009.
7. Henao, Carlos A.A., Coutinho, Alvaro L.G.A., Franca, Leopoldo P., A stabilized method for transient transport equations. *Computational Mechanics*. , v.46, p.199 - 204, 2010.
8. Sesini, Paula A., Souza, Denis A.F. de, Coutinho, Alvaro L.G.A., Finite element simulation of viscous fingering in miscible displacements at high mobility-ratios. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering (Impresso)*, v.32, p.292 - 299, 2010.
9. Lins, Erb F., Elias, Renato N., Rochinha, Fernando A., Coutinho, Alvaro L.G.A., Residual-based variational multiscale simulation of free surface flows. *Computational Mechanics*, v.46, p.545 - 557, 2010.
10. Elias, Renato N., GONCALVES JR., M.A., Coutinho, Alvaro L.G.A., ESPERANCA, P.T.T., Martins, Marcos A.D., Ferreira, Marcos D.A.S., Computational Techniques for Stabilized Edge-Based Finite Element Simulation of Nonlinear Free-Surface Flows. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*. , v.131, p.041103, 2009.
11. Lins, Erb F., Elias, Renato N., Guerra, Gabriel M., Rochinha, Fernando A., Coutinho, Alvaro L.G. A., Edge-based finite element implementation of the residual-based variational multiscale method. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, v.61, p.1-22, 2009.
12. Mano, Manlio F., Paiva, Afonso M., Torres, Audalio R., Coutinho, Alvaro L.G.A., Energy Flux to a Cyclonic Eddy off Cabo Frio, Brazil. *Journal of Physical Oceanography*, v.39, p.2999-3010, 2009.
13. Estefhan D. Wandekokem, Mendel, E., Fabris, F., Valentim, M., Batista, R., J., VAREJÃO, Flávio Miguel, RAUBER, T. W. . Diagnosing multiple faults in oil rig motor pumps using support vector machine classifier ensembles. *Integrated Computer-Aided Engineering*. , v.18, p.61 - 74, 2011.

Além destas publicações, foram produzidos também:

Livros

1. DE SOUZA, A. F.; MEIRA JR., W. . JAI - XXX Jornadas de Atualização em Informática, Editora da PUC-RJ, 2011.
2. NEDJAH, N. ; MOURELLE, L. M. ; KACPRZYK, J. ; FRANÇA, F.M.G.; DE SOUZA, A. F. . Intelligent Text Categorization and Clustering. Springer, 2009. 120 p.

Capítulos de livros

1. DE SOUZA, A.F.; BADUE, C.; PEDRONI, F.; DIAS, S.S.; OLIVEIRA, H.; SOUZA, S. F. VG-RAM Weightless Neural Networks for Face Recognition. In: Face Recognition. Vukovar, Croatia: In-Teh, 2010, p. 171-186.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**

Reconhecimento MEC: Portaria Nº. 524  
Data do Reconhecimento: 29/04/2008  
Data de Publicação no DOU: 30/04/2008

## **DECLARAÇÃO**

Declaro que o Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo indica o Professor **Alberto Ferreira De Souza** como o coordenador do Projeto "*Consolidação das Linhas de Pesquisa em Computação de Alto Desempenho, Otimização e Inteligência Computacional do PPGI-UFES*", a ser submetido ao Edital MCTI/CNPq/MEC/Capes – Ação Transversal Nº 06/2011- Casadinho-Procad.

Vitória-ES, 04 de novembro de 2011

  
Prof. Dr. João Paulo Andrade Almeida  
Coordenador do PPGI/CT/UFES