



Relatório técnico de execução parcial da UFPR do projeto

Validação em propulsão e aerodinâmica de foguetes

CFD-19

Período: 2014

Projeto número 20 financiado pela
Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)
Edital PRÓ-ESTRATÉGIA 50/2011

Carlos Henrique Marchi (UFPR)
(Coordenador-geral)

Curitiba, 28 de janeiro de 2015.

1 – RESULTADOS PRINCIPAIS ALCANÇADOS

Os resultados alcançados pelos três pesquisadores (C. H. Marchi, L. K. Araki e M. A. V. Pinto), e demais membros da equipe da UFPR, com a execução do projeto durante o seu terceiro ano (2014) foram:

Artigos publicados em periódicos (2):

- SANTIAGO, C. D.; MARCHI, C. H.; SOUZA, L. F. Performance of geometric multigrid method for coupled two-dimensional systems in CFD. Publicado online por **Applied Mathematical Modelling**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2014.10.067>.
- MARCHI, C. H.; ALVES, A. C. Verification of numerical solutions of advection-diffusion and Burgers equations. **J Appl Computat Math** 3:154, 2014.

Artigos publicados em congressos (17):

- BERTOLDO, G.; AVELAR, A. C.; FALCÃO FILHO, J. B.; HSU, J. J. L.; MARCHI, C. H. Numerical and experimental pressure distributions over a sounding vehicle model. In: XV Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering (ENCIT). **Anais...** Belém, 2014.
- SILVA, N. D. P.; ARAKI, L. K. Comparison of UDS and TVD schemes for quise-one-dimensional flows on normal shock-wave capturing. In: XV Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering (ENCIT). **Anais...** Belém, 2014.
- FOLTRAN, A. C.; ARAKI, L. K. Numerical solution of thermal radiation in rocket engines. In: XV Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering (ENCIT). **Anais...** Belém, 2014.
- SUERO, R.; PINTO, M. A. V.; MARCHI, C. H. Otimização de parâmetros do multigrid algébrico para a equação de advecção-difusão bidimensional. In: XXXV Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering (CILAMCE). **Anais...** Fortaleza, 2014.
- VARGAS, A. P. S.; MARCHI, C. H.; PINTO, M. A. V. Multiextrapolação de Richardson e verificação da ordem de acurácia de esquemas híbridos sobre a equação 2D de Fourier com termo fonte. In: I Congresso de Matemática Aplicada e Computacional – Sul (CMAC-SU). **Anais...** Curitiba, 2014.
- MARTINS, M. A.; MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K.; PINTO, M. A. V. Estimativa para o erro de discretização com o emprego de multiextrapolação de Richardson em CFD. In: I Congresso de Matemática Aplicada e Computacional – Sul (CMAC-SU). **Anais...** Curitiba, 2014.
- VARGAS, A. P. S.; MARCHI, C. H.; PINTO, M. A. V. Multiextrapolação de Richardson e verificação da ordem de acurácia de esquema híbrido sobre a equação 2D de advecção-difusão com termo fonte. In: XXXV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC). **Anais...** Natal, 2014.
- GIACOMINI, F. F.; MARCHI, C. H. Efeito da razão de refino de malha sobre o uso de multiextrapolação de Richardson em CFD. In: XXXV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC). **Anais...** Natal, 2014.
- OLIVEIRA, F.; PINTO, M. A. V.; MARCHI, C. H. The effect of the schedule on the CPU time for 2D Poisson equation. In: XXXV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC). **Anais...** Natal, 2014.
- RADTKE, J. J.; BERTOLDO, G.; MARCHI, C. H. Avaliação do código computacional DEPP na otimização de problemas de propulsão e aerodinâmica de foguetes. In: XXXV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC). **Anais...** Natal, 2014.
- MARTINS, M. A.; MARCHI, C. H. Multiextrapolação de Richardson com interpolação aplicada às equações de Navier-Stokes 2D. In: XXXV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC). **Anais...** Natal, 2014.
- MORO, D. F.; MARCHI, C. H.; ANDRADE E PAULA, J. R.; MARQUES, A. Desempenho experimental de sete tipos de divergente de tubeira de motor-foguete a propelente sólido. In: II Simpósio Aeroespacial Brasileiro (SAB). **Anais...** São José dos Campos, 2014.

- GERMER, E. M.; MARCHI, C. H. Efeito da geometria do bocal convergente sobre o empuxo de motor-foguete. In: II Simpósio Aeroespacial Brasileiro (SAB). **Anais...** São José dos Campos, 2014.
- FOLTRAN, A. C.; MORO, D. F.; SILVA, N. D. P.; FERREIRA, A. E. G.; ARAKI, L. K.; MARCHI, C. H. Medição da velocidade de queima à pressão atmosférica do propelente sacarose/nitrato de potássio preparado a frio. In: II Simpósio Aeroespacial Brasileiro (SAB). **Anais...** São José dos Campos, 2014.
- BERTOLDO, G.; RADTKE, J. J.; MARCHI, C. H. Otimização aerodinâmica nos regimes supersônico e hipersônico com base nas equações de Navier-Stokes. In: II Simpósio Aeroespacial Brasileiro (SAB). **Anais...** São José dos Campos, 2014.
- RADTKE, J. J.; BERTOLDO, G.; MARCHI, C. H. Otimização da geometria do bocal divergente de tuberias cônicas e parabólicas para empuxo máximo. In: II Simpósio Aeroespacial Brasileiro (SAB). **Anais...** São José dos Campos, 2014.
- QUELUZ, T. P.; MORO, D. F.; MARCHI, C. H. Validação da solução numérica do escoamento de ar a 300 K em tubeira plana na condição de projeto e razão de expansão 1,8. In: II Simpósio Aeroespacial Brasileiro (SAB). **Anais...** São José dos Campos, 2014.

Resumos de artigos publicados em congressos (8):

- PINTO, M. A. V.; RODRIGO, C.; GASPAR, F. J.; OOSTERLEE, C. W. Local Fourier analysis for ILU smoothers on triangular grids. In: 2014 European Multigrid Conference. **Anais...** Leuven, Bélgica, 2014.
- PINTO, M. A. V.; RODRIGO, C.; GASPAR, F. J.; OOSTERLEE, C. W. On the 7-point ILU smoother on triangular grids. In: XIII International Conference Zaragoza-Pau on Mathematics and Its Applications. **Anais...** Jaca, Espanha, 2014.
- MORO, D. F.; MARCHI, C. H.; EURICH, R. D.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Classe A de minifoguetes no período de janeiro a maio de 2014. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2014.
- SANTOS, W. G.; MARCHI, C. H.; MORO, D. F.; SILVA, N. D. P.; GRACIA, M. D. P.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Classe B de minifoguetes no período de fevereiro a maio de 2014. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2014.
- FOLTRAN, A. C.; MARCHI, C. H.; QUELUZ, T. P.; MOREIRA, E. B.; SEGURO, F. A. ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Fixo de minifoguetes no período de abril de 2013 a maio de 2014. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2014.
- TISCHER FILHO, L.; MARCHI, C. H.; CARON, F. A. S.; SCHLOSSMACHER, L.; COLOMBO, R. H.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Máximo de minifoguetes no período de abril de 2013 a maio de 2014. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2014.
- QUELUZ, T. P.; MARCHI, C. H.; MORO, D. F. Validação da solução numérica do escoamento de ar a 300 K em tubeira plana na condição de projeto e razão de expansão 1,8. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2014.
- SILVA, N. P. D.; MARCHI, C. H.; MORO, D. F.; SMYTHE, A. L.; ARAKI, L. K.; YAMANAKA, R. B.; ALFARO, R. M.; ALISTE, R. C. M. Atividades da equipe UFPR-Livre de minifoguetes no período de abril de 2013 a maio de 2014. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2014.

Teses de doutorado concluídas (3):

- RADTKE, J. J. **Otimização da geometria da seção divergente de tuberias de motores-foguete.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. Tese de doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia. Orientador: MARCHI, C. H.

- BERTOLDO, G. **Otimização aerodinâmica de Newton com base nas equações de Navier-Stokes**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica. Orientador: MARCHI, C. H.
- GERMER, E. M. **Avaliação do efeito da geometria da seção convergente em tubeiras de motor-foguete**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica. Orientador: MARCHI, C. H.

Dissertações de mestrado concluídas (1):

- MORO, D. F. **Efeito da geometria do bocal divergente sobre o empuxo de motor-foguete operando no vácuo**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Orientador: MARCHI, C. H.

Projetos (qualificações) de doutorado aprovados (1):

- FERREIRA, A. E. G. **Redução do erro de discretização e iteração de campos em CFD através de multiextrapolação de Richardson**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. Projeto de Tese de doutorado em Engenharia Mecânica. Orientador: MARCHI, C. H.

Projetos (qualificações) de mestrado aprovados (0):

Trabalhos de fim de curso de graduação concluídos (0):

Orientações de iniciação científica concluídas (0):

Aplicativos computacionais relevantes implementados (2):

- RADTKE, J. J.; BERTOLDO, G.; MARCHI, C. H. **DEPP** (2013-2014): otimização de problemas de propulsão e aerodinâmica de foguetes. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014.
- CARVALHO JUNIOR, C. A. R.; MARTINS, M. A.; MARCHI, C. H. **Interp1Dg** (2014): interpolação polinomial unidimensional de graus 1 a 10, em malhas não uniformes, para multiextrapolação de Richardson. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014.

Relatórios de pesquisa preparados (0):

2 – OUTROS RESULTADOS E ATIVIDADES

Artigos submetidos a periódicos (4):

- FOLTRAN, A. C.; MORO, D. F.; SILVA, N. D. P.; FERREIRA, A. E. G.; ARAKI, L. K.; MARCHI, C. H. Burn speed measurement of KNSu propellant manufactured by mechanical press process. Submetido a **Journal of Aerospace Technology and Management**, 2014.
- MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K. Evaluation of chemical equilibrium and non-equilibrium properties for LOX/LH2 reaction schemes. Submetido a **Journal of Aerospace Technology and Management**, 2014.
- MARCHI, C. H.; MARTINS, M. A.; NOVAK, L. A.; ARAKI, L. K.; PINTO, M. A. V.; GONÇALVES, S. F. T. Polynomial interpolation with repeated Richardson extrapolation to reduce discretization error in CFD. Submetido a **Applied Mathematical Modelling**, 2014.
- MARCHI, C. H.; GIACOMINI, F. F.; SANTIAGO, C. D. Repeated Richardson extrapolation to reduce field discretization error in computational fluid dynamics. Submetido a **Journal of Computational and Applied Mathematics**, 2014.

Artigos submetidos a congressos e aceitos (0):

Orientações em andamento em 21 Jan 2015 (31):

| Orientador principal | Marchi | Araki | Pinto | Total |
|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Iniciação científica | 14 | 3 | 0 | 17 |
| Trabalho de fim de curso | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Mestrado | 2 | 3 | 0 | 5 |
| Doutorado | 3 | 0 | 3 | 6 |
| Pós-Doutorado | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 20 | 8 | 3 | 31 |

Citações em 2014 de artigos publicados em periódicos (base ISI):

- 9 = MARCHI, C. H.
- 5 = ARAKI, L. K.
- 3 = PINTO, M. A. V.

Total = 17

Previsão de conclusão de orientações de pós-graduação em 2015 (3):

0 = Doutorado

3 = Mestrado (Foltran, Silva, Carvalho Jr)

Outras atividades relevantes executadas em 2014:

- Abril: foi realizado o *Festival de Minifoguetes de Curitiba 2014* nos dias 11 a 13 de abril de 2014, em Curitiba e Pinhais. Contou com a participação de 18 equipes de 10 universidades brasileiras (UCS, UFABC, UFMG, UFPR, UFRPE, UFSC, UNICAMP, UP, UTFPR/UEM) e três grupos independentes (BVM, CEGAPA, Edge of Space), de 6 estados brasileiros (MG, PE, PR, RS, SC, SP). Foram realizados 37 lançamentos de minifoguetes. Este evento foi organizado por pesquisadores e estudantes da equipe da UFPR neste projeto.
- Maio: seis membros da equipe da UFPR neste projeto (Bertoldo, Radtke, Germer, Moro, Queluz e Foltran) participaram do II Simpósio Aeroespacial Brasileiro (SAB), em São José dos Campos (SP), apresentando seis trabalhos. Uma empresa (Bandeirante) colaboradora do projeto participou ativamente de um destes seis trabalhos.
- Julho: foram realizados os primeiros testes estáticos do MTP (motor de teste de propelente), projetado pela equipe da UFPR neste projeto. Ele servirá de base para o projeto de futuros minifoguetes.
- Julho a outubro: foram formadas cinco equipes, com 18 de alunos de graduação, visando participar do *Festival de Minifoguetes de Curitiba 2015*.
- Novembro: foram lançados os primeiros espaçomodelos com motor-foguete a propelente sólido constituído por sacarose e nitrato de potássio.
- Dezembro: foi realizado o lançamento de um minifoguete com 3 tipos de altímetro de bordo para avaliar o desempenho deles.
- Ao longo do ano, foram realizados os seguintes experimentos com motores-foguete e minifoguetes ou seus sistemas: 44 testes de sistemas; 37 testes de propelentes; 32 testes de resistência; 135 testes estáticos; e 73 lançamentos. Portanto, no total, foram realizados 321 experimentos em solo e dinâmicos.

3 – ESTÁGIO DE CONSECUÇÃO DAS METAS ESTABELECIDAS**Meta 1: rede de pesquisa**

- Etapa 1.1: implantar a rede. Em 2014 foi mantida a estrutura criada em 2013 para divulgar as notícias, atividades e resultados do projeto. Ou seja, o blog <http://foguetefpr.blogspot.com.br/>, que é operado (blogger) pelo próprio coordenador do projeto, e o site na internet <ftp://ftp.demec.ufpr.br/CFD>, do grupo de pesquisa da UFPR no projeto. As questões sobre

publicações e direitos autorais estão sendo tratadas caso a caso. Em relação a 2014, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.

- Etapa 1.2: publicar trabalhos. Foram publicados 27 trabalhos em periódicos e eventos. Em relação a 2014, considera-se que esta etapa foi muito bem executada.
- Etapa 1.3: incluir novos membros na rede. Foram incluídos na rede, através da equipe da UFPR, os seguintes novos pesquisadores: (1) Guilherme Bertoldo e (2) Jonas J. Radtke, ambos da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) de Francisco Beltrão (PR); (3) Eduardo M. Germer da UTFPR de Curitiba (PR); e (4) Alysson N. Diógenes da UP (Universidade Positivo) de Curitiba (PR). Também foram incluídos na rede, através da equipe da UFPR, os seguintes novos estudantes de pós-graduação: (1) Gabriel Vergara (mestrado); (2) Izabel C. F. S. Vicentin (mestrado); (3) Abimael A. Oliveira Junior (doutorado) e (4) Diego F. Moro (doutorado). Em relação a 2014, considera-se que nesta etapa teve-se um bom aumento no número de pesquisadores e pós-graduandos participando do projeto.

Meta 2: obter resultados experimentais já existentes.

- Etapa 2.1: dados aerodinâmicos da equipe do IAE. Em 2014, recebemos novos dados do IAE. Os dados recebidos em 2013 e 2014 foram usados na validação de resultados numéricos obtidos pela equipe da UFPR. Disto, resultou um artigo apresentado em um evento nacional em 2014. Em relação a 2014, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.
- Etapa 2.2: dados propulsivos da equipe do ITA. Continuamos sem ter recebido qualquer dado do ITA. Assim, desde o início do projeto em 2012, **nada foi executado do previsto nesta etapa por falta de dados.**
- Etapa 2.3: dados propulsivos da equipe da UnB. Embora tenhamos pedido por diversas vezes à equipe da UnB, ainda não recebemos nenhum dado deles. Assim, desde o início do projeto em 2012, **nada foi executado do previsto nesta etapa por falta de dados.**
- Etapa 2.4: dados propulsivos da equipe do INPE. Com os dados recebidos do INPE em 2013, foi feito um estudo numérico preliminar em 2014, que deverá ser aprofundado em 2015. Estamos em contato com o INPE para receber novos dados em 2015. Até o momento, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.
- Etapa 2.5: dados aerodinâmicos de outras fontes. Foram obtidos novos dados disponíveis na literatura mundial. Em relação a 2014, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.
- Etapa 2.6: dados propulsivos de outras fontes. Foram obtidos novos dados disponíveis na literatura mundial bem como de uma empresa colaboradora do projeto (Edge of Space). Em relação a 2014, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.

Meta 3: realizar novos experimentos.

- Etapa 3.1: experimentos aerodinâmicos da equipe do IAE. Em andamento.
- Etapa 3.2: experimentos propulsivos da equipe do ITA. Em andamento.
- Etapa 3.3: experimentos propulsivos da equipe da UnB. **Desconhecido.**
- Etapa 3.4: experimentos propulsivos da equipe do INPE. Em andamento.
- Etapa 3.5: experimentos propulsivos e aerodinâmicos da equipe da UFPR. Foram realizados 321 experimentos em solo e dinâmicos com minifoguetes durante 2014. Em andamento.

Meta 4: código computacional VonBraun

- Etapa 4.1: otimizar os subcódigos. Em 2014, conseguiu-se um avanço significativo na redução do custo computacional de soluções numéricas das equações de Navier-Stokes incompressíveis, sem e com múltiplas extrapolações de Richardson (MER). Um novo tipo de solver (PDMA) foi desenvolvido para problemas bidimensionais, que teve ótimo desempenho. Em andamento.
- Etapa 4.2: melhorar os subcódigos. Foi gerada uma versão do código Mach2D com interação com o usuário através de janelas. Uma nova versão do código Interp1D foi gerada. Ela permite interpolar em malhas não uniformes 1D, com graus 1 a 10, resultados numéricos para posteriormente aplicar MER e reduzir o erro numérico e de modelagem. Em andamento.
- Etapa 4.3: ampliar os subcódigos. O solver PDMA está sendo estendido a três dimensões. Foi iniciado um código 3D para a equação de Poisson e testar MER. Em andamento.
- Etapa 4.4: verificar os subcódigos. Em 2014, continuaram os testes de verificação, tanto em aerodinâmica quanto em propulsão. Em andamento.
- Etapa 4.5: criar a primeira versão completa do código computacional VonBraun. Em andamento.
- Etapa 4.6: validar o código VonBraun com resultados experimentais já existentes. Os dados aerodinâmicos da equipe do IAE foram usados em simulações feitas pela equipe da UFPR, para validar o código Mach2D; um artigo conjunto entre as equipes do IAE e UFPR foi publicado em 2014. Os dados propulsivos da equipe do INPE foram usados em 2014, num estudo preliminar, para validar o código Mach2D. Em andamento.
- Etapa 4.7: treinar usuários das equipes do projeto interessadas no código VonBraun. A ser realizado. Agora em janeiro de 2015, as equipes do IAE, INPE, ITA e UnB foram convidadas para um treinamento a ser realizado em novembro de 2015, em Curitiba (PR). As três empresas envolvidas no projeto também serão convidadas.
- Etapa 4.8: validar o código VonBraun com os novos experimentos das equipes. A ser realizado.
- Etapa 4.9: gerar nova versão completa do código VonBraun. A ser realizado.
- Etapa 4.10: divulgar o código VonBraun. A ser realizado.

Meta 5: formar e aperfeiçoar pessoal

- Etapa 5.1: doutores. Foram titulados 3 doutores em 2014. Portanto, em relação a 2014, considera-se que esta etapa foi muito bem executada.
- Etapa 5.2: mestres. Foi titulado 1 mestre em 2014. Portanto, em relação a 2014, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.

4 – CRONOGRAMA ATÉ A CONCLUSÃO DO PROJETO

Início: janeiro/2015.

Término: janeiro/2017.

Duração: 25 meses

Meta 1: rede de pesquisa. Período: jan/15 a jan/17.

- Etapa 1.1: implantar a rede. Período: jan/15 a jan/17.
- Etapa 1.2: publicar trabalhos. Período: jan/15 a jan/17.
- Etapa 1.3: incluir novos membros na rede. Período: jan/15 a jan/17.

Meta 2: obter resultados experimentais já existentes. Concluído.

- Etapa 2.1: dados aerodinâmicos da equipe do IAE. Concluído.
- Etapa 2.2: dados propulsivos da equipe do ITA. **Cancelado; não existem os dados.**
- Etapa 2.3: dados propulsivos da equipe da UnB. **Imprevisto.**
- Etapa 2.4: dados propulsivos da equipe do INPE. Concluído.
- Etapa 2.5: dados aerodinâmicos de outras fontes. Concluído.
- Etapa 2.6: dados propulsivos de outras fontes. Concluído.

Meta 3: realizar novos experimentos. Período: jan/15 a jan/17.

- Etapa 3.1: experimentos aerodinâmicos da equipe do IAE. Período: jan/15 a jan/17.
- Etapa 3.2: experimentos propulsivos da equipe do ITA. Período: jan/15 a jan/17.
- Etapa 3.3: experimentos propulsivos da equipe da UnB. **Imprevisto.**
- Etapa 3.4: experimentos propulsivos da equipe do INPE. Período: jan/15 a jan/17.
- Etapa 3.5: experimentos propulsivos da equipe da UFPR. Período: jan/15 a jan/17.

Meta 4: código computacional VonBraun. Período: jan/15 a jan/17.

- Etapa 4.1: otimizar os subcódigos. Período: jan/15 a jul/16.
- Etapa 4.2: melhorar os subcódigos. Período: jan/15 a jul/16.
- Etapa 4.3: ampliar os subcódigos. Período: jan/15 a jul/16.
- Etapa 4.4: verificar os subcódigos. Período: jan/15 a jul/16.
- Etapa 4.5: criar a primeira versão completa do código computacional VonBraun. Período: jan/15 a ago/16.
- Etapa 4.6: validar o código VonBraun com resultados experimentais já existentes. Período: jan/15 a jul/15.
- Etapa 4.7: treinar usuários das equipes do projeto interessadas no código VonBraun. Período: nov/15.
- Etapa 4.8: validar o código VonBraun com os novos experimentos das equipes. Período: jan/15 a jul/16.
- Etapa 4.9: gerar nova versão completa do código VonBraun. Período: set/16 a jan/17.
- Etapa 4.10: divulgar o código VonBraun. Período: jun/15 a jan/17.

Meta 5: formar e aperfeiçoar pessoal. Período: jan/15 a jan/17.

- Etapa 5.1: doutores. Período: jan/15 a jan/17.
- Etapa 5.2: mestres. Período: jan/15 a jan/17.

5 – EQUIPE PARTICIPANTE PELA UFPR

A equipe que participou da execução do projeto durante o ano 2014 soma 54 pessoas, e foi a seguinte:

5 professores doutores da UFPR

Carlos Henrique Marchi

Luciano Kiyoshi Araki

Márcio Augusto Villela Pinto

Simone de Fátima Tomazzoni Gonçalves

Alessandro Marques

12 professores colaboradores de outras instituições

Alysson Nunes Diógenes (UP)
 Ana Paula da Silveira Vargas (UTFPR)
 Cosmo Damião Santiago (UTFPR)
 Eduardo Matos Germer (UTFPR)
 Fabiana de Fátima Giacomini (UTFPR)
 Fabiane de Oliveira (UEPG)
 Giuliano Gadioli La Guardia (UEPG)
 Guilherme Bertoldo (UTFPR)
 Jonas Joacir Radtke (UTFPR)
 Luciane Grossi (UEPG)
 Márcio André Martins (UNICENTRO)
 Roberta Suero (IFPR)

6 doutorandos

Abimael Alves de Oliveira Junior
 Ana Eliza Gonçalves Ferreira
 Diego Fernando Moro
 Grazielli Vassoler Rutz
 Réverton Luis Antunes Neundorf
 Sebastião Romero Franco

6 mestrandos

Antônio Carlos Foltran
 Carlos Alberto Rezende de Carvalho Junior
 Gabriel Vergara
 Inajara da Silva Freitas
 Izabel Cecília Ferreira de Souza Vicentin
 Nicholas Dicati Pereira da Silva

22 graduandos

André Luis Smythe
 Eduardo Boneti Moreira
 Felipe Allan Seguro
 Felipe Augusto Schwarzbach Caron
 Flávio Drancka Mesquita
 Gustavo Padovany da Silva
 Jeovan Cezare Correia
 João Guilherme Motta
 Larissa Ribas dos Santos
 Lia Doubrawa
 Loreno Tischer Filho
 Lucas Schlossmacher
 Murillo Delgado Portella Gracia
 Rafael Biasi Yamanaka
 Rafael Darriba Eurich
 Ricardo Mittelstaedt Alfaro
 Rodrigo Cesar Moraes Aliste
 Ruan Henrique Colombo
 Sofia Mariana Bozz Ferla

Tobias Pinheiro Queluz
Victor Augusto de Oliveira
Wender Gonçalves dos Santos

1 técnico da UFPR

José Osmar Klein Júnior

2 outros

José Miraglia

José Roberto de Andrade e Paula

6 – CONCLUSÃO

Em resumo, os resultados obtidos durante o terceiro ano de execução deste projeto foram:

- Publicados 2 artigos em periódicos.
- Publicados 17 artigos em congressos.
- Publicados 8 resumos de artigos em congressos.
- Concluídas 3 teses de doutorado.
- Concluída 1 dissertação de mestrado.
- Aprovado 1 projeto de tese de doutorado.
- Implementados 2 aplicativos computacionais relevantes.

Além disso:

- Foram submetidos 4 artigos para publicação em periódicos.
- Estão em andamento a orientação de 1 pós-doutorado, 6 teses de doutorado e 5 dissertações de mestrado.
- Foram obtidas 17 citações de artigos publicados em periódicos.
- Foram realizados 321 experimentos com motores-foguete, minifoguetes e seus sistemas.

Os artigos, teses, dissertações, trabalhos de graduação, projetos de pesquisa, aplicativos computacionais e relatórios técnicos estão disponíveis na internet em www.cfd.ufpr.br e www.foguete.ufpr.br.