

Palavras do Presidente

Gherhardt Ribatski

Chapa gestão ABCM 2021-2023

Domingos A. Rade

**Uma visão sobre o COBEM:
uma história de começos**

Amir Antônio M. De Oliveira Jr.

**A XII Escola de Primavera
de Transição e Turbulência
e a COVID-19**

Jonathan Utzig

Henry França Meier

ENCIT 2020 On-Line

Francis H. Ramos França

**ITA - uma trajetória
de 71 anos**

Anderson R. Correia

Jesuino T. Tomita

Fernando T. Sakane

**ICAF
Uma Experiência
de Cooperação
Nacional e
Internacional**

Carlos Eduardo Chaves

Robôs para Sociedade

Rogério Sales Gonçalves

**Manufatura Aditiva na
Fabricação Final**

Neri Volpato

**O Trabalho: Economia e Física 1780|1830,
Parte 5: O Trabalho e o Valor: Homens e
Máquinas (1829)**

François Vatn

Tradução: Agamenon de Oliveira

**O Trabalho: Economia e Física 1780|1830,
Parte 6: Conclusão: A Economia e a Física**

François Vatn

Tradução: Agamenon de Oliveira

Efemérides

Eventos ABCM

Expediente

Editorial
Sergio Viçosa Möller **02**

Palavras do Presidente
Gherhardt Ribatski **04**

Chapa gestão ABCM 2021-2023
Domingos Alves Rade **08**

Uma visão sobre o COBEM:
uma história de começos **11**
Amir Antônio Martins De Oliveira Jr.

A XII Escola de Primavera de Transição
e Turbulência e a COVID-19 **15**
Jonathan Utzig
Henry França Meier

ENCIT 2020 | *On-Line* **21**
Francis Henrique Ramos França

ITA | uma trajetória de 71 anos **27**
Anderson Ribeiro Correia
Jesuino Takachi Tomita
Fernando Toshinori Sakane

ICAF | Uma Experiência de Cooperação
Nacional e Internacional **35**
Carlos Eduardo Chaves

Robôs para Sociedade **41**
Rogério Sales Gonçalves

Manufatura Aditiva na
Fabricação Final **48**
Neri Volpato

O Trabalho: Economia e Física 1780/1830,
Parte 5: O Trabalho e o Valor: Homens e Máquinas **56**
François Vatin | Tradução: Agamenon de Oliveira

O Trabalho: Economia e Física 1780/1830,
Parte 6: Conclusão: A Economia e a Física **68**
François Vatin | Tradução: Agamenon de Oliveira

Efemérides **70**

Eventos ABCM 2022 **74**

Expediente **76**

sumário



editorial

Sergio Viçosa Möller



Esta Edição de ABCM Engenharia traz artigos que acreditamos encontrarão boa acolhida entre os Leitores. Iniciamos, como de praxe, com as Palavras do Presidente, onde o Professor Gherhardt Ribatski (USP-SC) endereça carta à Comunidade ABCM, narrando os fatos, ações e avanços da Diretoria durante os quatro anos de sua gestão com todas as dificuldades impostas pela pandemia. A seguir, o Prof. Domingos Alves Rade (ITA) apresenta sua proposta de gestão quando de sua candidatura à Presidência da ABCM.

Estes dois artigos são um marco na história democrática da ABCM, desde as eleições dos presidentes e diretorias nas assembleias durante o COBEM, como aquela realizada no III COBEM em 1975 no Rio de Janeiro, passando pelos envelopes lacrados dentro de envelopes selados até o voto digital, preconizado pela Assembleia Geral no COBEM 2015, novamente no Rio de Janeiro.

Falar em COBEM remete-nos à celebração dos 50 anos do primeiro COBEM e ao COBEM 2021. O Professor Amir Oliveira (UFSC) rememora aquele COBEM em seu artigo “Uma visão sobre o COBEM: uma história de três começos”. Esse artigo reconta por um ângulo muito particular aquele evento em 1971 e os que se sucederam, trazendo a inspiração duradoura daquela geração de pioneiros.

2020 foi um ano marcado pela mudança de paradigma nos eventos no mundo inteiro. Na ABCM não poderia ser diferente, a EPTT 2020, a tradicional Escola de Primavera de Transição e Turbulência e o ENCIT 2020, o nosso Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas foram realizados pela primeira vez on-line. Os Professores Jonathan Utzig e Henry Meyer (FURB) relatam a EPTT, enquanto o Prof. Francis França (UFRGS) relata o ENCIT.

No ano passado, o ITA comemorou seu 70º aniversário. Com enorme tradição no ensino de engenharia, do ITA, saíram presidentes e diretores da ABCM, sendo um parceiro de primeira hora na criação da ABCM. OS Professores Anderson Ribeiro Correia, Jesuino Takachi Tomita e Fernando Toshinori Sakane, respectivamente Reitor, Vice-Reitor e ex-Reitor do ITA relatam a trajetória do ITA desde sua fundação, passando pela a criação do Bandeirante e da Embraer, até os dias de hoje.

Ainda no campo das ciências aeronáuticas, o Eng. Carlos Chaves, faz um relato do histórico de fadiga e integridade estrutural no cenário da aeronáutica em nosso país. No ano de 2017, o Brasil, representado pela ABCM, passou ao status de país membro do ICAF- International Committee on Aeronautical Fatigue. No seu artigo, o autor conta o que é o ICAF, qual tem sido o papel da ABCM perante o mesmo e a importância dessa organização no cenário internacional e para a indústria aeronáutica brasileira.

Robôs povoam o nosso ideário desde a infância pelos os livros de Isaac Isimov e Clifford Simak e da série de Irwin Allen na TV. O Professor Rogério Gonçalves (UFU) relata a realidade dos dias de hoje onde os robôs estão presentes cada vez mais na indústria e em nossos lares.

Também com presença crescente em nossas vidas, está a impressão ou prototipagem 3-D, onde camadas sucessivas de material plástico são depositadas para transformar modelos computacionais em modelos sólidos tridimensionais. Na indústria, esse conceito deu origem à chamada manufatura aditiva, onde peças metálicas para vários campos da indústria incluindo a automotiva, e a aeronáutica, são construídas sem a utilização de ferramentas. Os avanços, características e perspectivas na manufatura aditiva são apresentados para nós pelo Prof. Neri Volpato (UTFPR).

Desde tempos ancestrais as pessoas se perguntam: “Que proveito tira o trabalhador de sua obra?” (Ecl. 3.9). Nesta Edição publicamos o 5º e último capítulo de “O Trabalho” do filósofo e pensador francês François Vatin, Professor da Universidade de Paris, em tradução de nosso Colega Prof.

Agamenon de Oliveira, com título “O Trabalho e o Valor: Homens e Máquinas”. Por um lado, observa-se o trabalho em si como uma fonte de valor, de outro, vemos o conceito homem máquina, através do valor energético do trabalho. Podemos medir o valor do trabalho em Joules?

É claro, não seria justo com nossos Leitores, deixar para uma edição futura, as conclusões de Vatin. Assim, lá estão elas em “Conclusão: o Trabalho e a Física”, encerrando essa obra. A ABCM Engenharia agradece ao Prof. Vatin por compartilhar conosco essa obra inestimável e, é claro, ao Prof. Agamenon, não apenas pela tradução cuidadosa, mas também por nos apresentar esse texto tão enriquecedor.

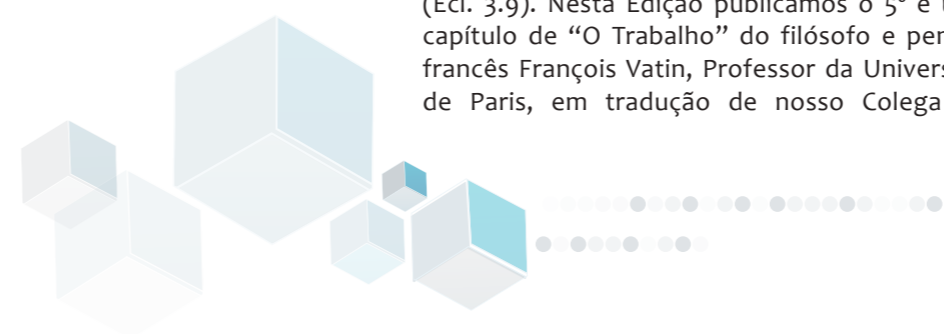
Além disso, este volume traz as Efemérides, com eventos importantes em nossa Associação desde o ENCIT 2020 até o fechamento desta Edição. A pandemia passou a fazer parte do nosso dia-a-dia, os eventos foram realizados on-line, e isso deixou de ser notícia.

Eventos ABCM e o Expediente encerram a Revista. Essas duas últimas seções foram como sempre diligentemente preparadas pela nossa Secretária Executiva, Débora Estrella.

Na seção de Eventos, vemos que ainda algumas incertezas cercam a forma da realização dos eventos ABCM em 2022. Novamente on-line ou presencial? Ou híbrido? “Como será o amanhã?”, dizia aquele samba enredo da União da Ilha em 1978. Comemoramos neste ano os 50 anos de nosso primeiro COBEM, denominado, então I Simpósio Nacional de Engenharia Mecânica, realizado em Florianópolis we organizado pelo Prof. Caspar Erich Stemmer. Enquanto todos esperavam um retorno aos eventos presenciais com uma grande confraternização em Florianópolis, diante das incertezas em que vivemos, a prudência mostrou a necessidade de se manter o formato on-line.

On-line ou presencial, o COBEM 2021 é um marco muito importante. É a ocasião para lembrar o evento pioneiro naquele distante 1971 e olhar para os primeiros passos dados por aqueles abnegados professores e pesquisadores que deram forma à pós-graduação em Engenharia Mecânica em nosso país e estabeleceram as condições para a criação de nossa Associação em 1975.

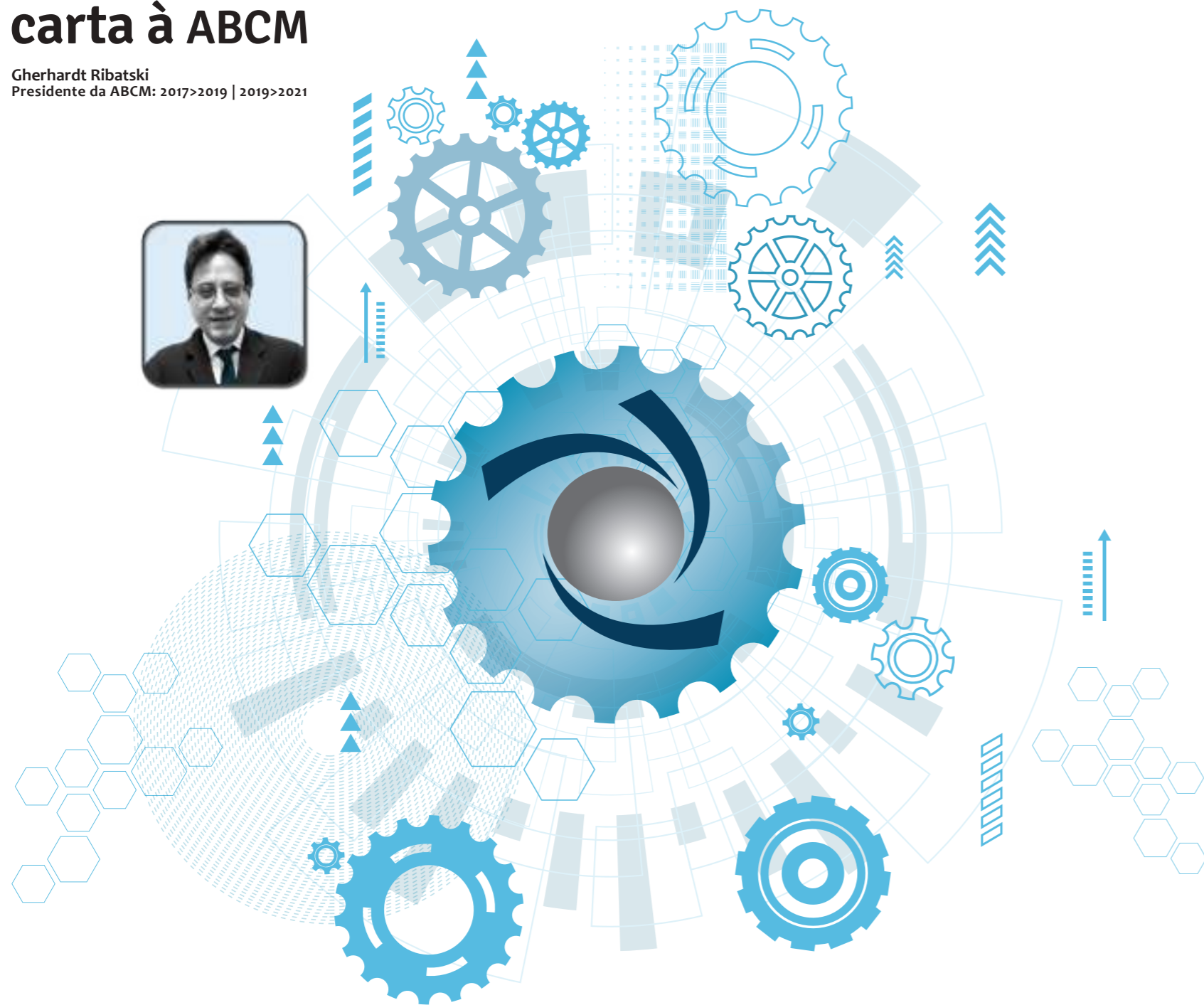
Esta Edição é dedicada à memória do Professor Caspar Erich Stemmer.



palavras do presidente

carta à ABCM

Gherhardt Ribatski
Presidente da ABCM: 2017>2019 | 2019>2021



Amigos, já são passados aproximadamente quatro anos desde a primeira posse desta Diretoria, ocorrida no COBEM de 2017 em Curitiba, quando é chegada a hora de passarmos o “timão” a colegas, da mesma forma engajados nas atividades da ABCM, que, no entanto, chegam com novas ideias e o entusiasmo de uma gestão que se inicia. Aos que se vão, é o momento de fazer um balanço dos compromissos assumidos inicialmente e aqueles realizados, relatar os fracassos e sucessos de nossas ações à frente da ABCM e agradecer a todos que de alguma forma colaboraram com a Associação neste período.

É fato que nossa gestão ficará marcada pela pandemia do coronavírus, que implicou em cancelamentos, adiamentos e alterações no formato dos eventos não apenas no Brasil, mas em todo o mundo. Deixamos de

ter reuniões presenciais da Diretoria e do Conselho da ABCM, e passamos a realizá-las no formato remoto. Nossa Sede se tornou virtual, com nossos colaboradores exercendo suas atividades a partir de suas residências. Foi um período assinalado pela continuidade nos cortes no fomento de pesquisa e bolsas de estudos, e principalmente por incertezas na continuidade e no estabelecimento de políticas de Educação, Ciência e Tecnologia no país. Apesar das dificuldades, inerentes a esse cenário, com a análise do relato que segue, acredito que nestes quatro anos, dentro das possibilidades, contribuimos colocando o nosso tijolinho na construção de uma ABCM mais forte e próxima de nossos associados.

Iniciamos nossa gestão em 2017, dando prosseguimento às atividades delineadas e implementadas nas gestões presididas pelo Prof. Sergio Viçosa Möller, por meio do aprimoramento contínuo do portal da Associação e do sistema de gestão de eventos, patrimônios da ABCM que colaboram com o estabelecimento de uma identidade própria para a nossa Associação. Inseridos neste contexto de continuidade, sob a coordenação do Prof. Leonardo Santos de Brito Alves, efetivou-se a criação do programa de bolsas de Iniciação Científicas, o qual, com o progressivo aprimoramento em seu processo de seleção a partir de 2017, alcançou a concessão de 10 bolsas de estudos em 2021.

O compromisso assumido quando da apresentação de nossa candidatura em promover a participação na ABCM de alunos de graduação e pós-graduação e apoiarmos a ABCM Jovem, norteou a atuação da diretoria nestes quatro anos. No entanto, deve-se destacar a facilidade em atender a tal compromisso por contarmos com a colaboração entusiasta do Eng. Marcelino Guedes Gomes e o engajamento e dedicação de Mariana Finamor, Presidente da ABCM Jovem e aluna do curso de graduação em Eng. Mecânica da UFGD. Durante o período de sua gestão, estabeleceram-se polos da ABCM - Jovem em todas as regiões do país e criou-se uma série de atividades remotas para alunos de graduação, que contam com participantes em todo o Brasil. Mariana, representando a ABCM Jovem também colaborou com o processo de seleção dos candidatos às bolsas de Iniciação Científica da ABCM. No contexto de fomentar a participação de estudantes, destaca-se ainda a implementação de mudança no estatuto da Associação aprovada pela Assembleia da ABCM que passou a incluir em seu Conselho Deliberativo um membro eleito entre os alunos de pós-graduação.

Os eventos promovidos pela ABCM estão entre os principais canais nas áreas de Engenharia e Ciências Mecânicas que possibilitam a divulgação

dos resultados de pesquisas científicas realizadas no Brasil, o estabelecimento de redes de trabalho e colaborações entre pesquisadores Brasileiros e a oportunidade de inserção no meio científico de estudantes e jovens pesquisadores. Reconhecendo tal importância, a diretoria atuou de forma a apoiar e fornecer subsídios técnicos e financeiros aos responsáveis pela organização dos eventos para que estes alcançassem o sucesso esperado. Antes da pandemia, conforme compromisso assumido em nosso plano de gestão, atenção especial foi dada ao aprimoramento da qualidade dos trabalhos apresentados e no retorno de pesquisadores seniores aos nossos eventos. No entanto, com o estabelecimento da pandemia, priorizou-se assegurar a realização dos eventos, ainda que no formato remoto, buscando garantir a atual geração de alunos de pós-graduação a oportunidade de divulgar os resultados de suas pesquisas.

No ano de 2020, com a rápida evolução da pandemia, somada ao reduzido prazo para organizá-los remotamente, fez-se necessário adiar o XI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM 2020) e o VII Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica (ENEBI 2020), mantendo como seus organizadores em 2022 docentes da UFPI e da UFG, respectivamente.

Já, em relação aos eventos programados para ocorrer durante o segundo semestre do ano de 2020, o maior prazo de organização disponível, somados à proatividade e engajamento das comissões responsáveis, tornaram suas realizações possíveis. Assim, ocorreram no formato remoto a 12ª Escola de Primavera de Transição e Turbulência (EPTT 2020) organizada pela FURB, o 18th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering (ENCIT 2020) pela UFRGS e o XXVII Congresso Nacional dos Estudantes de Engenharia Mecânica (CREEM 2020) pelos alunos da UFPR. Todos estes eventos alcançaram notório sucesso, caracterizado por audiências elevadas, excelentes palestras e discussões profícuas sobre os temas afeitos. Posteriormente, em 2021, também ocorreram no formato remoto a 6ª Escola de Verão de Refrigeração (EVR 2021), a 6th Multiphase Flow Journeys (JEM 2021) e o 11º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF 2021), organizados, respectivamente, pela EESC|USP, UFES e UFPR. Destaca-se ao final do presente ano a realização remota do 26th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2021), organizado por docentes da UFSC. Em nome da Diretoria menciono um agradecimento especial aos responsáveis por estes eventos por aceitarem o desafio de organizá-los em um novo formato e, também, pela excelência com a qual os executaram. Contribuindo para a divulgação da ABCM no exterior e para a inserção internacional

de nossos pesquisadores, agradecimentos especiais também são dirigidos aos organizadores dos seguintes eventos que contaram com a ABCM entre os seus promotores: 31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS 2018), 10th International Conference on Multiphase Flow - ICMF 2019 e o 8th International Symposium on Advances in Computational Heat Transfer - CHT-21.

No contexto da pandemia, ainda é digno de nota e agradecimento aos seus idealizadores, a iniciativa da Secretaria da Regional Norte|Nordeste da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas ABCM, com o apoio da ABCM Jovem, de organizar a série denominada “Encontros Virtuais ABCM”. Neles são discutidos temas de interesse da Comunidade de Engenharia e Ciências Mecânicas, no formato de palestras, mesas redondas e minicursos.

Em relação às publicações ABCM, destaca-se o notável aumento do fator de impacto da BMSE, o qual se elevou de 1,235 em 2017 para 2,22 em 2020, com o periódico alcançando pela primeira vez a categoria Q2, segundo o *Clarivate Analytics*. Assim, faz-se uma menção especial de agradecimento ao Prof. Francisco Ricardo Cunha, Editor-chefe até 2017, e aos Profs. Jader Riso Barbosa Jr. e Marcelo Areias Trindade, atuais Editores-chefes e responsáveis, junto com seus editores associados, pelos excelentes resultados alcançados no período. Agradecimentos são também colocados à dedicação e excelência do trabalho, na busca de artigos, notícias e textos sobre temas diversos, executado pelo Prof. Sergio Viçosa Möller, que tão bem sucedeu ao Prof. José Roberto de França Arruda, como Editor da ABCM Engenharia.

Neste período, sob a coordenação do Prof. Domingos Rade, novos Editores-chefes foram nomeados para o *ABCM Symposium Series*, publicados pela *Springer*, são eles os Profs. Marcello Faraco Medeiros, Marco Lúcio Bittencourt e Ricardo Torres. Estes têm como responsabilidade promover junto aos organizadores dos eventos ABCM, edições vinculadas do *ABCM Symposium Series*, aumentando a visibilidade de nossa Associação e atendendo a uma antiga demanda da comunidade que consiste na publicação de seus trabalhos em veículos adicionais aos eventos. Reconhecemos ainda a dedicação, excelência do trabalho executado e compromisso científico dos Profs. José Viriato Coelho Vargas e Wellington Balmant, Editores-técnicos da *RETERM-Thermal Engineering* durante o período de nossa gestão.

A atuação da ABCM na definição de políticas públicas nesses quatro anos se deu por meio da participação de seu diretor presidente, como representante

do setor acadêmico, junto ao Conselho Gestor do programa ROTA 2030, vinculado ao ministério da Economia. Destaca-se ainda a colaboração da ABCM ao processo de avaliação dos programas de pós-graduação realizados pela CAPES. Tal colaboração se deu por meio da promoção de reunião em nossa sede, seguindo sugestão do Coordenador da Área de Engenharias III da CAPES, nosso Colega Edgar Mamiya, visando à discussão de possíveis critérios para avaliação dos programas na área de Engenharias III. Membros de sua diretoria, junto com seus pares da ABEPRO e ANPEPRO, também participaram de reunião convocada pelo Coordenador da Área de Engenharias III da CAPES na qual se tratou dos critérios e possíveis índices para a avaliação dos programas de pós-graduação. Em abril de 2020, considerando a urgência de medidas visando reduzir os danos da Pandemia, a Diretoria da ABCM, apoiada pelo Conselho Deliberativo, lançou edital de apoio a pesquisadores atuando no combate à COVID-19. Foram apoiados com R\$ 10.000,00, cinco grupos de pesquisa em distintas universidades do Brasil atuando principalmente na fabricação de máscaras e ventiladores pulmonares.

Atenção especial foi dirigida no período pela diretoria aos Comitês Técnicos visando aprofundar o engajamento e participação destes nas ações da Associação. Reuniões foram realizadas sob a coordenação do Prof. Domingos Rade, nas quais se estabeleceu ações e políticas de gestão buscando tornar efetiva a atuação dos Comitês Técnicos e incrementar seu papel de interlocutor entre a comunidade que representam e a Diretoria.

Visando modernizar a comunicação da ABCM com seus membros e a sociedade em geral, compromisso desta gestão, buscou-se uma maior presença nas mídias sociais, contratando-se o colaborador Pedro Palma. Assim, além de auxiliar nas atividades administrativas na sede, Pedro é atualmente responsável pelo Informe Semanal, publicação de Últimas Notícias no nosso portal e a disponibilização de informações e divulgação da Associação nas plataformas *Facebook*, *Instagram* e *LinkedIn*. Desta forma, atualmente, a equipe na Sede conta com três colaboradores, dois deles já atuando quando da posse da atual diretoria, incluindo a Secretária Executiva da ABCM Débora Estrella e o assistente de administração Vinícius Duarte, que tem como responsabilidade principal o acompanhamento dos nossos eventos.

Fato marcante desta gestão, decorrente da aquisição de um imóvel próprio, refere-se à transferência da sede da ABCM do 14º andar do prédio do Clube de Engenharia, na Avenida Rio Branco para o 9º andar

de um edifício localizado na Praça Tiradentes, próximo a sede anterior e com acesso direto por meio do VLT Carioca ao Aeroporto Santos Dumont. Conversas informais e em separado com os Profs. Júlio Cesar Passos e Atila Freire, durante eventos promovidos pela ABCM, plantaram a ideia entre os planos de gestão da Diretoria em seu último biênio, da aquisição e estabelecimento de uma sede própria para a nossa Associação. Após análise criteriosa elaborada pelo nosso Diretor Tesoureiro, Prof. Gustavo Rabello dos Anjos, em colaboração com os demais diretores, decidiu-se pelo encaminhamento deste plano, considerando os aspectos positivos quanto ao fortalecimento da identidade da ABCM e a possibilidade de prestação de um melhor serviço aos nossos membros. Também contribuíram para esta decisão o baixo valor dos imóveis na cidade do Rio de Janeiro naquele momento, o reduzido rendimento das aplicações financeiras disponíveis para a Associação e a possibilidade de imobilização de um capital, mantendo-se a capacidade financeira da Associação em executar suas atividades. Uma vez tendo o apoio do conselho, deu-se a aquisição de uma nova sede, e escritórios de arquitetura foram convidados a apresentar projetos visando à reforma do imóvel adquirido. Em meados do primeiro semestre deste ano, deu-se início as obras sob a responsabilidade da Arquiteta Helena Junqueira Schmidt Pontes, com a inauguração da Sede ocorrendo em 01 de outubro de 2021 em cerimônia apenas com a participação dos membros da diretoria e colaboradores da ABCM, devido às restrições impostas pela pandemia.

No ano de 2019 ocorreu a primeira edição do Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr. sob coordenação do Prof. Domingos Rade. Este prêmio foi criado durante nossa gestão com o objetivo de homenagear àqueles que contribuíram de forma relevante para a Engenharia e Ciências Mecânicas do Brasil. A cerimônia de premiação contou com a presença da Sra. Lucila, esposa do Prof. Leonardo, e ocorreu durante o COBEM de 2019, cuja organização coube aos nossos colegas de Uberlândia, capitaneados pelo Prof. Enio Bandarra. Nesta primeira edição, o Professor Luiz Bevilacqua foi laureado com o Prêmio por seu pioneirismo e suas significativas contribuições em termos de realizações científicas e tecnológicas, formação de recursos humanos, administração acadêmica, difusão e popularização da ciência, e internacionalização da ciência brasileira. No COBEM 2021, durante o qual se comemorará os 50 anos do primeiro COBEM, também organizado por colegas da UFSC, temos a segunda edição deste prêmio. A preocupação com o reconhecimento e registro da história da ABCM permeou nossa atuação, com a criação do Prêmio Prof. Leonardo Goldstein

Jr., sendo ela a primeira ação nesse sentido. Esta foi seguida, no último ano de nossa gestão, pela elaboração de um documentário que conta com relatos de fatos associados à criação e consolidação da ABCM pelos presidentes da Associação em seus primórdios. Agradecemos aqui ao Prof. Sergio Viçosa Möller, que convidado pela diretoria a executar tal tarefa, abraçou e executou com o brilhantismo que lhe é típico.

Nas edições de 2018 a 2019, sob a coordenação do Prof. Luís Mauro Moura, realizaram-se com sucessos as edições de entrega dos prêmios “ABCM Pesquisa em Engenharia Mecânica”, desde 2005, promovido em parceria com a Embraer. Infelizmente, lamentamos o fato de não termos obtido resultado similar em 2020. Efeitos associados à pandemia com o consequente estabelecimento de ensino e reuniões no formato remoto implicaram em excesso de atividades e a necessidade de adaptação às novas tecnologias para muitos de nossos colegas. Tal cenário implicou em atrasos significativos na divulgação e entrega dos prêmios aos agraciados na edição de 2020, fazendo com que a cerimônia de premiação fosse agendada para ocorrer durante o COBEM 2021.

Início minhas observações finais, agradecendo à comunidade ABCM pela oportunidade que nos foi dada de conduzir esta Associação durante estes quatro anos. Tenham certeza de que durante este período recebemos muito mais em aprendizado e na satisfação de contribuímos para uma sociedade melhor, seguindo valores que acreditamos, do que entregamos do nosso tempo. Agradeço especialmente ao amigo Prof. Sergio Möller pela confiança depositada, primeiramente ao convidar-me para participar de sua gestão como Diretor Secretário e posteriormente por incentivar-me a liderar um grupo de amigos responsáveis pela gestão da ABCM durante os quatro anos seguintes. Agradeço aos demais diretores Domingos, Gustavo, Leonardo e Luís pelo apoio, dedicação e engajamento durante nossa caminhada, os quais por meio de suas atuações tornaram possível alcançar os resultados relatados. Agradeço, ainda, do fundo do meu coração à minha família, que apesar da minha ausência física, sempre com muito carinho me acompanhou e apoiou nesta jornada.

Ao final desejo sorte e sucesso à nova Diretoria, a qual tendo Domingos como Presidente, e contando ainda com Amir, Vice-presidente, Aline, Diretora Secretária, Francis, Diretor Técnico Científico e Fabio, Diretor Tesoureiro, certamente alcançará resultados significativos para a nossa Associação, dada a reconhecida competência e seriedade de seus participantes.

chapa gestão ABCM 2021>2023

Domingos Alves Rade | Presidente



Caros Colegas,

Tendo sido eleitos para servir como Diretores da ABCM nos próximos dois anos, primeiramente agradecemos pelo apoio recebido dos Associados.

Apresentamos, a seguir, nosso plano de trabalho, contendo diretrizes e propostas de ações que nortearão nosso trabalho.

Instamos todos os Associados a uma participação ativa em assuntos de interesse coletivo. A todo tempo, estaremos abertos a críticas e sugestões, que certamente serão de grande valor para o aperfeiçoamento de nosso trabalho e a consecução dos objetivos maiores de nossa Associação.

Subsidiando nossa candidatura à Diretoria da ABCM para o biênio 2021-2023, este Programa de Gestão, se baseia precipuamente nos objetivos estabelecidos pelo Art. 2º do Estatuto da ABCM, segundo o qual nossa Associação “tem por finalidade congregiar pessoas físicas e jurídicas, com interesse no desenvolvimento da Engenharia e das Ciências Mecânicas para:

- Contribuir para o desenvolvimento da Engenharia e Ciências Mecânicas no Brasil;
- Promover a pesquisa, intercâmbio e difusão do conhecimento na sua área de atuação;
- Estimular um efetivo intercâmbio entre as Universidades, Centros de Pesquisa e a Indústria,

- no sentido de contribuir para o desenvolvimento;
- Estimular a divulgação do conhecimento em Engenharia e Ciências Mecânicas através da publicação de livros, textos, monografias, revistas e demais meios de comunicação;
- Promover o intercâmbio com Institutos e Associações Técnico-Científicas correlatas, do país e do exterior;
- Promover o conhecimento da Engenharia e das Ciências Mecânicas através de Congressos, Simpósios, Conferências, Cursos e Reuniões Técnico-Científicas;
- Realizar, pelo menos a cada dois anos, um congresso de Engenharia Mecânica de abrangência nacional.”

Buscaremos dar sequência ao trabalho realizado pelas diretorias precedentes, por meio do planejamento e execução de medidas que promovam o fortalecimento da Associação em sua atuação junto a seus associados, instituições parceiras e órgãos públicos e privados ligados à ciência, tecnologia e educação superior do Brasil.

Daremos continuidade à política de fortalecimento dos comitês técnicos e do Conselho da ABCM, e à busca de maior envolvimento dos associados com assuntos da Associação. Neste sentido, será realizada em breve uma pesquisa de opinião, e está sendo preparado o recadastramento dos associados da ABCM, que inclui a adesão dos associados aos comitês técnicos. Em uma etapa posterior, pretendemos atualizar as Normas para a Criação e Operação dos Comitês Técnicos e criar áreas no Portal ABCM administradas pelos comitês técnicos, que facilitarão a interação entre seus membros. Serão incentivadas as reuniões periódicas dos comitês como parte dos programas dos eventos, e serão realizadas reuniões anuais entre os secretários executivos dos comitês e a Diretoria.

Continuaremos incentivando e apoiando a realização de escolas pelos comitês técnicos, uma vez que as elas têm potencial para contribuir significativamente para a formação de pesquisadores, e para a consolidação de áreas específicas da engenharia e ciências e mecânicas no Brasil.

Continuaremos também empenhando esforços para aumentar o número de associados ativos e engajados. Além disso, as ações previstas para os comitês técnicos e para os eventos terão por objetivo aumentar o sentimento de pertencimento dos associados à comunidade de Engenharia e Ciências Mecânicas.

Trabalharemos para aumentar a contribuição da

Associação ao debate de temas relevantes e à definição de políticas públicas que visem ao progresso científico-tecnológico e socioeconômico do Brasil, por meio da interlocução junto a órgãos governamentais responsáveis pela política de ciência e tecnologia e de educação superior, associações de classe afeitas às áreas de atuação da ABCM, especialmente a SBPC e a ABC. Será fomentada a interlocução e construção de parcerias junto a empresas industriais e suas associações. Ainda nesse contexto, pretendemos estimular o debate e troca de experiências entre associados com relação ao ensino de graduação e pós-graduação no Brasil.

Prosseguiremos no aprimoramento e expansão do portal da ABCM na internet. O portal deverá servir como uma fonte permanente de informação, disponibilizando palestras e minicursos gravados em vídeo, anúncios de oportunidades (bolsas e oportunidades profissionais), além de notícias e manifestações de natureza técnico-científica.

Buscaremos aperfeiçoar o sistema informatizado de gestão de eventos, visando à uniformização dos procedimentos organizacionais dos eventos científicos da ABCM, além da redução de custos e da carga de trabalho das comissões organizadoras.

Continuaremos apoiando os editores-chefes do *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* e sua equipe de editores associados, visando a aumentar a atratividade do periódico no plano internacional. Apoiaremos a internacionalização de seu corpo de editores associados, a busca pela melhoria contínua de seus indicadores (fator de impacto e classificação no Qualis/CAPES), e a redução do tempo médio de publicação de artigos.

Daremos especial atenção aos eventos da ABCM. Temos a percepção de que o interesse de uma parcela importante dos associados por nossos eventos ainda é baixo e precisa ser aumentado. Com base nos resultados da pesquisa de opinião que será realizada brevemente, e levando em conta a possibilidade de realização não presencial ou híbrida de eventos - que foi viabilizada forçosamente em face da pandemia de COVID-19, buscaremos a modernização da formatação dos eventos, de forma que estes possam ser atrativos tanto para pesquisadores jovens quanto a pesquisadores seniores. Acreditamos que a introdução, nos programas dos eventos, de mesas redondas de caráter técnico-científico e/ou de política de C&T&I, competições na modalidade “desafios” para alunos de pós-graduação e o Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr., entre outras iniciativas,

possam ser eficazes neste sentido.

Concluiremos a transferência da sede da ABCM para o imóvel que foi adquirido e está sendo reformado, oferecendo espaços adequados para o trabalho dos funcionários e reuniões da Diretoria. A nova sede também dispõe de uma sala para realização de reuniões com maior número de participantes, que será utilizada para reuniões do Conselho e poderá ser disponibilizada para o oferecimento de cursos promovidos pela associação por meio de seus associados.

Prosseguiremos na consolidação da parceria entre a ABCM e a editora Springer, visando ao fortalecimento de nosso principal periódico, o BMSE, e a concretização de projetos editoriais relacionados, não somente a anais de eventos, mas também a obras propostas por nossos associados, na condição de autores ou organizadores.

Ampliaremos o Programa de Bolsas de Iniciação Científica da ABCM, como forma de motivar jovens pesquisadores por meio do financiamento parcial

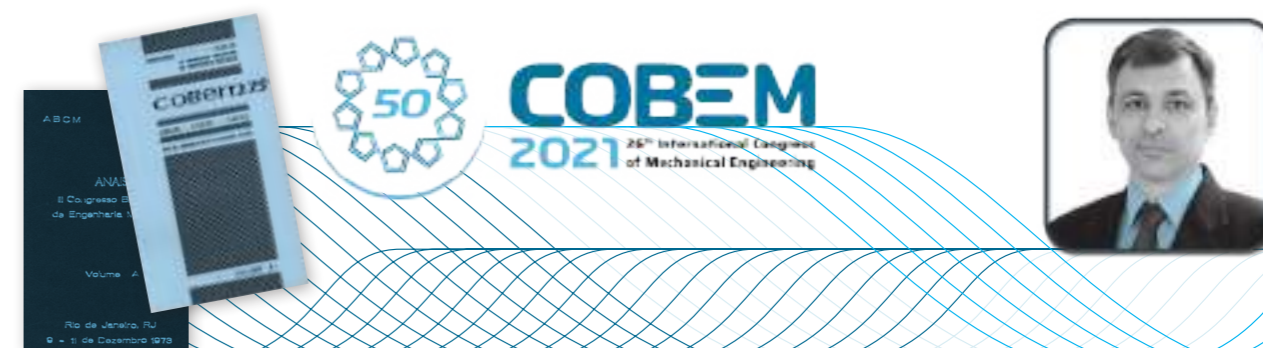
de seus projetos de pesquisa. Prestaremos apoio a iniciativas das secretarias regionais e da ABCM Jovem, como forma de ampliar a inserção da ABCM nas diversas regiões do País, com atenção especial aos estudantes de graduação.

Ao finalizar, a chapa que se candidata à Diretoria da ABCM para o biênio 2021-2023 agradece às diretorias anteriores, membros do Conselho, secretários e membros de comitês técnicos, editores-chefes e editores associados de nossos periódicos, organizadores de eventos, funcionários e membros da comunidade ABCM, que vêm, sucessivamente, contribuindo para o engrandecimento da nossa associação desde a sua criação.

Ficaremos honrados em poder contar com o apoio de todos os associados da ABCM para que, sendo eleitos para servir a Associação nas honrosas funções de diretores, possamos cumprir os compromissos assumidos neste Programa e, desta forma, conduzir a ABCM em sua missão de contribuir para o progresso da Engenharia e Ciências Mecânicas no Brasil.

uma visão sobre o COBEM: uma história de três começos (*)

Amir Antônio Martins de Oliveira Jr. > UFSC



“Um pequeno grupo de indivíduos determinados, motivados por uma inabalável fé na sua missão, pode alterar o curso da história.” (5) Esta é a história de um destes grupos de indivíduos e da sua visão. Definir o começo da história envolve algum risco, porque podemos perder de vista fatos que o precederam e que foram determinantes do resultado. Mas, embora o risco, a definição de um começo é fundamentalmente uma escolha. Na tradição clássica, “um começo é aquilo que por si só não decorre de nada anterior por uma relação de causalidade, mas algo do qual outra coisa, naturalmente, tem origem ou passa a existir.” (6) Esta definição é de aplicação bastante prática, pois estabelece que o começo pode ser simplesmente um momento peculiar de ausência de equilíbrio, um encontro de pessoas, uma convergência de condições, que coloca todo o resto ao seu redor em movimento. Se esta for a nossa premissa, esta é uma história de três começos. Nosso foco principal não são as datas e os locais, mas as pessoas, as suas visões transformadoras e como esses diferentes começos se refletem naquilo que entendemos ser o papel e o valor fundamental do COBEM.

O primeiro começo foi um evento organizado pelo Prof. Caspar Erich Stemmer, na época, Diretor da Escola de Engenharia Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina. O ano era 1971. A Universidade Federal de Santa Catarina havia sido criada 10 anos antes e a Escola de Engenharia Industrial tinha 9 anos de idade. O Brasil vivia o seu milagre econômico e crescia economicamente em taxas médias sem precedente na sua história. Novas fábricas eram implantadas em setores industriais como a produção de metais, a manufatura de bens

de consumo e de bens de capital. A pós-graduação em Engenharia Mecânica no Brasil era também muito jovem. À época, havia apenas dois programas, um na PUC-Rio e outro na UFRJ. Na Escola de Engenharia Industrial da UFSC havia a percepção de que a indústria nascente poderia se beneficiar fortemente da pesquisa e formação de recursos humanos produzidas em um programa de pós-graduação, mas restava o desafio de como construir esta interação. O evento realizado por Stemmer foi denominado Primeiro Simpósio Nacional de Engenharia Mecânica. O simpósio teve 12 apresentações de 12 convidados, com a plateia formada por docentes, alunos e engenheiros praticantes da indústria. Além do objetivo de interação entre a academia e a indústria, esse encontro visava discutir e estabelecer premissas para a criação de um programa de pós-graduação em engenharia mecânica. O programa de pós-graduação deveria ter uma forte base em fundamentos da engenharia mecânica, mas deveria ser também uma ponte para o desenvolvimento industrial. No decorrer do evento, os participantes expressaram a necessidade e vantagem de organizar as suas ações através de uma associação nacional. O trabalho em associação viabiliza compartilhar conhecimentos e experiências; organizar e promover ações conjuntas com influências positivas em políticas, regimentos, financiamento, na qualidade e nos impactos dos programas de graduação e pós-graduação em engenharia mecânica; desenvolver oportunidades para a cooperação com pesquisadores e instituições do exterior e desenvolver ações de formação e apoio às novas gerações. Dessa forma, como uma aspiração e mobilização visando a formação em engenharia mecânica e a interação entre academia e indústria, foi gerada a semente da ABCM (1).



Presidente:
Domingos Alves
Rade | ITA



Vice-Presidente:
Amir Antônio Martins
De Oliveira Jr. | UFSC



Diretor Tesoureiro:
Fabio Toshio
Kanizawa | UFF

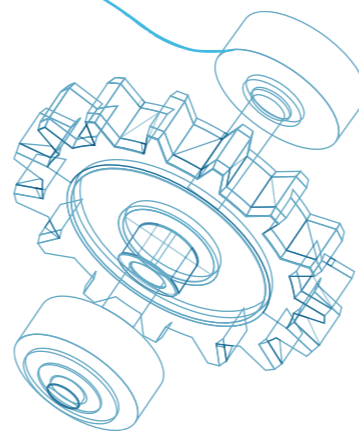


Diretor Técnico-Científico:
Francis Henrique R.
França | UFRGS



Diretor Secretário:
Aline Souza de
Paula | UnB

ABCM





Transmissão do Cargo de Reitor da UFSC do Professor Roberto Mündel Lacerda para o Professor Caspar Erich Stemmer, 1976. Fonte: Acervo da Memória da UFSC. Agência de Comunicação. AGEKOM|UFSC.

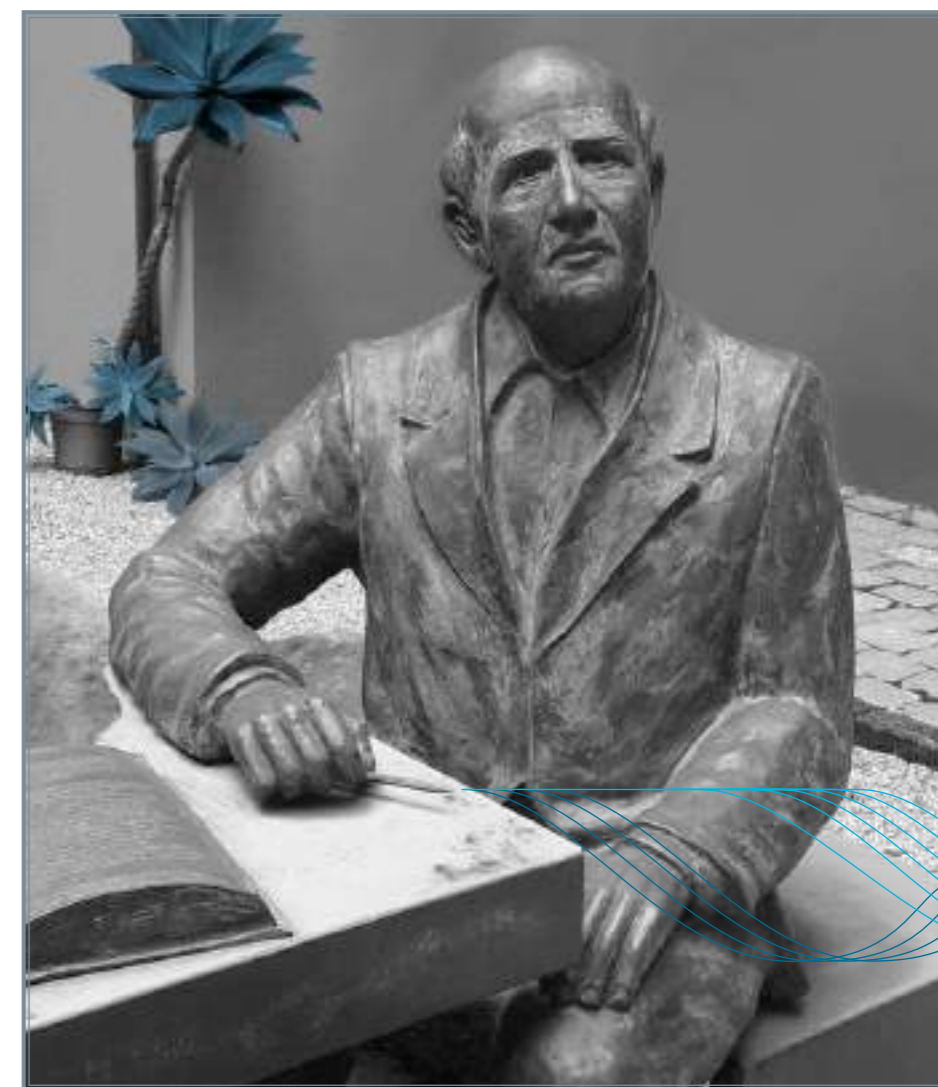
O segundo começo ocorreu com a realização do primeiro congresso envolvendo palestras convidadas e a apresentação de trabalhos. Foi organizado por um grupo de docentes da Universidade Federal do Rio de Janeiro e coordenado pelo Prof. Luiz Bevilacqua. O ano era 1973. Bevilacqua foi um dos convidados do primeiro simpósio, dois anos antes. O Segundo Simpósio Nacional de Engenharia Mecânica, com um foco mais aplicado, foi acompanhado pela realização simultânea do Primeiro Simpósio Brasileiro de Ciências Mecânicas, este com um foco em ciências mecânicas e suas interfaces. Este encontro manteve o espírito original de trazer especialistas para compartilhar os seus conhecimentos e visões, mas também buscou organizar a comunidade brasileira em engenharia mecânica e engajar os alunos dos recém criados programas de pós-graduação na tradição acadêmica clássica (7). Neste segundo encontro, a semente da ABCM foi finalmente depositada em solo fértil e profundo.

O terceiro começo finalmente fixou o formato do COBEM. Não obstante os esforços da comissão organizadora, os anais do encontro de 1973

não puderam ser finalizados a tempo de serem distribuídos para os participantes. O evento seguinte, planejado para 1975, seria realizado apenas na condição de que ambos os anais, o de 1973 e o de 1975, pudessem ser impressos e distribuídos aos participantes. O compromisso foi cumprido e ambos os anais foram publicados com os nomes que nos são familiares atualmente: Anais do COBEM 1973 e Anais do COBEM 1975. Assim nascia a marca COBEM, um nome que deveria ser sonoro e fácil de ser lembrado. O modelo se fixou nas mentes dos docentes, alunos e praticantes na indústria, especialmente, naquelas que começavam a investir no conceito de desenvolvimento e inovação requerem conhecimento de fundamentos, ferramentas e competências. A ABCM não germinou imediatamente, mas somente em 19 de abril de 1975, fruto do empenho e dos cuidados de tantos outros protagonistas (1, 3). A sede do COBEM 1977, que voltou à Florianópolis, foi decidida na primeira Assembleia da ABCM, realizada como parte da programação do COBEM 1975, iniciando uma tradição que perdura aos dias de hoje.

Estes três começos, cada qual do seu jeito, fixou alguma característica ao COBEM como o conhecemos hoje. A visão que criou o COBEM permanece atual e continua sendo um dos fundamentos da ABCM, a cooperação mútua e o engajamento em torno da comunidade da engenharia mecânica e suas ligações. Nossa comunidade de engenharia mecânica alcançou maturidade em muitas áreas, mas existem tantas que são ainda tão jovens. Nós, como comunidade de engenharia mecânica, ainda

sentimos as dores do crescimento, enquanto os desafios se avolumam ao nosso redor. A coragem, ambição e dedicação de visionários, como Stemmer, Bevilacqua, e tantos outros que dirigiram a ABCM e coordenaram seus eventos, permanecem como inspirações para as novas gerações. Os ideais fundadores do COBEM apontam na direção de um interessante e realizador futuro e cada um de nós pode se tornar protagonista desta construção. Que venha o futuro. Que a história continue.



Estátua do Prof. Caspar Erich Stemmer no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina |UFSC. Fonte: Autor.

(*) Nota:

Este breve texto é baseado nos relatos das referências (1) a (4).

Agradeço aos Professores Álvaro Toubes Prata e Sergio Viçosa Möller por me apresentarem as referências 1 a 3.

Fontes

1. Maurício Nogueira Frota, “Associação Brasileira de Ciências Mecânicas: Memórias e Perspectivas”, Anais do IX Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Vol. I, COBEM 87, 7 a 11 de novembro de 1987, Florianópolis, SC, pp. 67 - 89.
2. Luiz Bevilacqua, “Breve história do início da série dos Congressos Brasileiros de Engenharia Mecânica”, Revista ABCM Engenharia, vol. 19, no. 1, 2015, pp. 27-33.
3. Agamenon R. E. Oliveira, “Os primeiros 40 anos da ABCM”, Revista ABCM Engenharia, vol. 19, no. 1, 2015, pp. 33-43.
4. Arno Blass, “Caspar Erich Stemmer - Administração, Ciência e Tecnologia”, Editora da UFSC, 2015.
5. Mohandas Karamchand Gandhi, Speech on October 31st, 1938, at Dera Ismail Khan (Harijan, 19-11-1938). In: D. G. Tendulkar, Mahatma, Volume 4 (1934-1938), The Publications Division, Government of India, 1953, pg. 418. Também: The Collected Works of Mahatma Gandhi (Electronic Book), New Delhi, Publications Division Government of India, vol. 74, no. 243, pg. 180, 1999.
6. Aristotle, Poetics 1450b, The Plot Has Beginning, Middle and End. From: Aristotle in 23 Volumes, Vol. 23, translated by W.H. Fyfe. Cambridge, MA, Harvard University Press; London, William Heinemann Ltd., 1932.
7. Existem vários livros sobre as contribuições de Platão ao pensamento ocidental. Entre os mais recentes, pode-se citar: David Diener, Plato: The Great Philosopher-Educator, Series Giants in the History of Education, Classical Academic Press, 2015.

Apêndice

Excerto do texto de Maurício Nogueira Frota, Diretor de Patrimônio da ABCM, gestão 1986-1987. Ref. (1):

“Atribuição significativamente mais fácil, e muito menos trabalhosa, é esta de relatar as Perspectivas da ABCM, como também se propõe o título deste trabalho. Mais fácil pela simples convicção (mais que otimismo) do autor em ter tranquilidade para extrapolar para o futuro, as grandes perspectivas de sucesso de uma já tão consolidada e reconhecida Associação Científica.”

“Com base em uma intensa interação com membros da nossa comunidade científica, parece muito claro traçar os rumos e diretrizes que marcarão o destino desta Associação já fadada ao sucesso. Espera-se que a ABCM finalmente consolide-se em nível internacional, transforme-se numa organização naturalmente atraente que cause aos seus associados um profundo prazer de dela participar. A Associação certamente deverá investir esforços para conseguir uma maior representatividade junto aos profissionais

da área, que mesmo não envolvidos com a área científica, esteja diretamente ligada aos problemas tecnológicos de relevância nacional. A RBCM (1) inegavelmente deverá evoluir para uma atuação mais profissional com uma maior penetração internacional e com um ágil corpo editorial com representantes internacionais. A ABCM deverá naturalmente se aproximar de muitas outras organizações congêneres. Uma maior atuação da ABCM na educação fundamental se faz necessária para assegurar a qualidade futura de nossos pesquisadores. Um relacionamento mais próximo da ABCM com as Uniões de Associações Científicas torna-se inevitável para assegurar uma maior divulgação e interação da nossa comunidade com outras experiências. Uma atuante participação da nossa comunidade através das regionais da ABCM sendo implantadas, já se consolida e constitui-se numa estratégia que certamente garantirá muito sucesso. “

(1) RBCM: Revista Brasileira de Ciências Mecânicas, atualmente, BMSE: Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering



evento realizado
de forma
inteiramente
virtual entre 21 a
25 de setembro
de 2020



Henry França Meier
FURB



Jonathan Utzig
FURB

Prolegômenos da EPTT-2020

Que tempos turbulentos nós vivemos. Enfrentamos, não sem dor, uma força invisível e mortal da Natureza. Procuramos reconstruir nosso modo de viver, como quem investiga um novo fenômeno nunca encontrado ou percebido e a partir deste desconhecimento, se adapta gradualmente, se reconstrói. A pandemia por COVID-19 atingiu o planeta e impactou a vida de bilhões. Muitos perderam seus amigos companheiros, familiares íntimos, cônjuges, pais e filhos, a quem oferecemos nosso sentimento.

A pandemia tem sido como uma gigantesca estrutura turbulenta de escala global, que contém estruturas menores – as ocorrências em países e cidades, até a menor escala possível que poderia ter atingido Kolmogorov. Como em um escoamento turbulento, estas estruturas interagem e se dissipam em diferentes taxas de decaimento, para o nosso bem vemos agora a transição para um novo momento. No centro deste período esteve a XII Escola de Primavera de Transição e Turbulência, a EPTT 2020.

Durante a EPTT 2018, realizada em Uberlândia, MG, organizada pelo Laboratório de Mecânica dos Fluidos (MFLab) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), o convite para sediar a edição seguinte foi feito à Universidade de Blumenau (FURB) e aprovado na Assembleia da ABCM. A equipe dos Laboratórios de Fluidodinâmica Computacional (LFC) e de Verificação e Validação (LVV) da FURB receberam com bastante entusiasmo este importante desafio, posto que participa das Escolas com muito apreço há mais de década. Imediatamente vieram à mente diversas possibilidades, atrações, programações típicas da cidade e da região de Blumenau, turística devido à forte ligação com a sua ancestralidade cultural europeia.

A comunidade da Escola gostaria de participar de uma Mini-Oktoberfest? A equipe poderia usar trajes de Fritz e Frida! E se realizássemos o evento no Teatro Carlos Gomes, construção no início do século passado cheia de histórias e lendas? Servir chope no *coffe-break*? Viáveis ou não, estas opções realmente estavam na mesa da organização!

Entre negociações, convites a professores e pesquisadores para participarem como palestrantes e busca por patrocínio, notícias internacionais informavam o aparecimento de um vírus mortal. Inicialmente, sua difusão parecia ser contida e restrita à região onde surgiu. Em seguida, ondas de forte convecção o espalharam até além-mar. O convívio social precisava ser repensado: por hora, todos reclusos em seus lares, em segurança. Situação nova

para algumas gerações, parecia que não seria revertida rapidamente, e o mal que tínhamos nos sobreveio.

Era claro que a equipe organizadora precisava repensar o evento imediatamente. A primeira opção, pela qual muitas organizações optaram, seria transferir a Escola para o ano seguinte, aguardar a tempestade passar como solução de continuidade. Quando colocada esta alternativa à direção da ABCM, a equipe percebeu que, no contexto geral, o adiamento de todos os eventos daquele ano causaria um problema de calendário, afetando os demais agendados para 2021. Como o cancelamento da EPTT 2020 nunca foi considerado e conforme surgiam e se consolidavam tecnologias de transmissão *on-line*, passou a ser alternativa a manutenção das datas e a realização do evento inteiramente transmitido pela internet. Os contratos com local para o evento e alimentação não foram finalizados, patrocínios não foram recebidos e a Escola seria realizada a custo zero, literalmente.

Embora aulas síncronas *on-line* já estivessem sendo ministradas na FURB desde o início da pandemia, a realização e transmissão total de um evento seria um novo desafio. Surgiram uma série de dúvidas que deveriam ser dirimidas, tais como: se os palestrantes aceitariam e se adaptariam a essa modalidade; se o público acessaria uma sala *on-line*; se aceitariam este formato; se usaríamos um *software* gratuito ou licenciado para isso; se a conexão seria estável; se as apresentações de trabalhos seriam ao vivo ou gravadas; entre outras. Tantas incertezas dificultaram o trabalho da equipe organizadora, que recebeu muito apoio de participantes externos ao LFC-LVV, com quem os desafios foram discutidos em reuniões *on-line*. A solução batia à porta: aprender a fazer diferente. Sem espaço para erro, a Escola de Transição e Turbulência seria realizada inteiramente *on-line*, transmitida pela internet.

A EPTT virtual

Dentre as opções então disponíveis para esta tarefa, entendeu-se que a transmissão por uma plataforma como o YouTube seria a melhor opção, pois o acesso do público seria bastante facilitado. Através de um *software* gerenciador de transmissão gratuito (OBS Studio), as telas poderiam ser preparadas e transferidas para o modo ao vivo. Assim, vídeos de espera ocuparam os intervalos, enquanto *chairs* de sessão conversavam com os palestrantes em uma janela paralela antes de iniciarem sua apresentação. Na Figura 1, apresenta-se a tela do *software* de gerenciamento da transmissão.

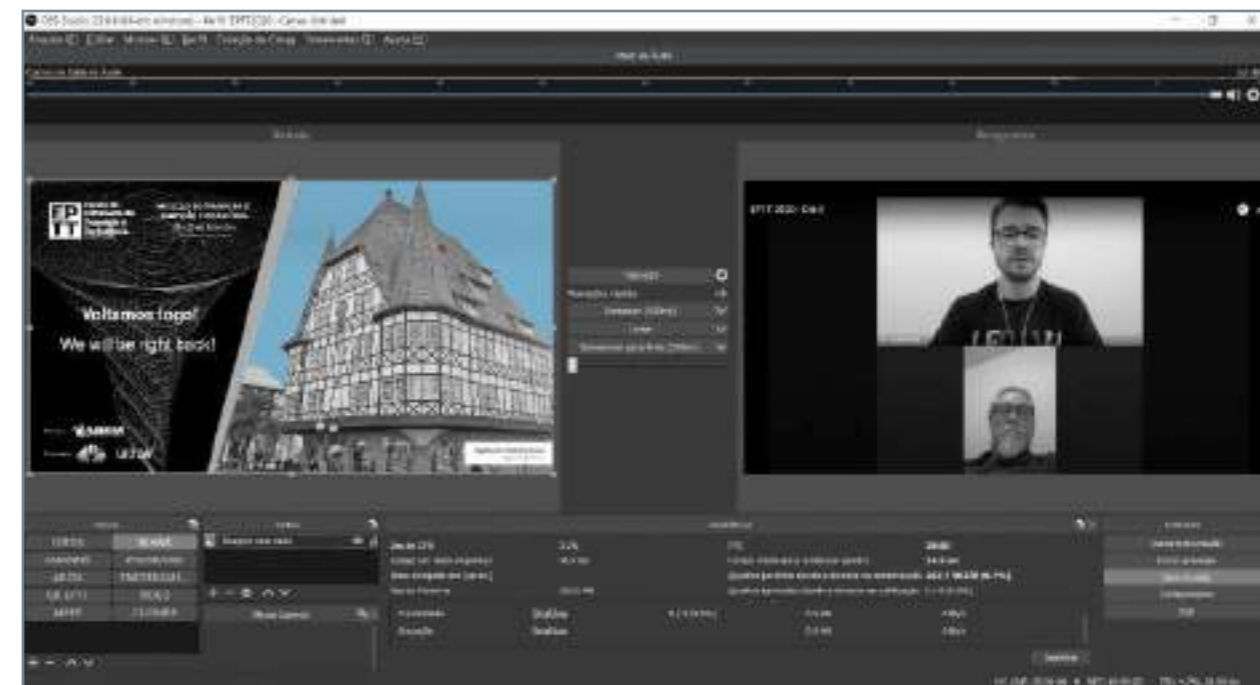


Figura 1: Software OBS Studio utilizado no gerenciamento da transmissão da EPTT 2020: tela de espera, à esquerda, mostra o antigo Castelinho Moellmann, enquanto à direita a tela de transmissão apresenta o evento ao vivo.

Para que o fluxo da transmissão fosse minimamente interrompido, decidiu-se pela gravação da apresentação oral dos trabalhos, com a presença dos autores *on-line* para responderem às dúvidas do público. Os pôsteres, por sua vez, foram apresentados ao vivo pelos autores em menor tempo em relação às sessões orais.

Se por um lado a pandemia obrigou o afastamento de todos, impedindo assim um evento presencial, por outro permitiu que pesquisadores renomados internacionalmente participassem como palestrantes desde seus países de origem. O Prof. Hans Kuipers, da Eindhoven University of Technology (Holanda), reconhecido por trabalhos na área de escoamentos multifásicos turbulentos e sua modelagem multiescala, iniciou a EPTT 2020 após a cerimônia de abertura. Em sua fala, o Prof. Kuipers apresentou seus mais recentes avanços na modelagem por fronteira imersa em escoamentos densos, não-isotérmicos e reacionais. Além dele, trouxeram importantes contribuições o Prof. Udo

Fritsching (University of Bremen, Alemanha), o Prof. Olivier Desjardins (Cornell University, EUA) e o Prof. Marcus Herrmann (Arizona State University, EUA). Sem deixar de lado o aspecto pedagógico, característica das Escolas, estes pesquisadores apresentaram resultados e avanços nas abordagens sobre escoamentos turbulentos que estimularam a discussão com o público através do chat. A interação, desta forma, ficou menos prejudicada. A falta de maior contato entre as pessoas é o que traz grande dificuldade para os eventos *on-line*.

Contribuíram igualmente os palestrantes nacionais: Prof. Dirceu Noriler (Unicamp), o Prof. Igor Braga de Paula (PUC-Rio), o Prof. Márcio Teixeira de Mendonça (INPE) e o Eng. Renato Cosin (Embraer), e o Prof. Marco Aurélio Cremasco (Unicamp). Os temas trataram de experimentação e metamodelagem para problemas de transição, da modelagem para difusão baseada em conceitos estocásticos e para sistemas polidispersos. O Quadro 1 apresenta a programação completa da EPTT 2020 virtual.

horário	21 09 2020 segunda-feira	22 09 2020 terça-feira	23 09 2020 quarta-feira	24 09 2020 quinta-feira	25 09 2020 sexta-feira
08h00 - 08h15					
08h15 - 08h30		Palestra nacional	Palestra nacional	Palestra nacional	Palestra nacional
08h30 - 08h45		Prof. Aristeu da Silveira Neto UFU	Prof. Dirceu Noriler UNICAMP	Prof. Igor Braga de Paula PUC-Rio	Prof. Marco Aurélio Cremasco UNICAMP
08h45 - 09h00		“Escoamentos Turbulentos - Análise Física e Modelagem Teórica”	“Modelos Computacionais para Simulação de Sistemas Polidispersos”	“Conditional Sampling and Controlled Disturbances in Stability Studies”	“Introdução à Difusão Estocástica”
09h00 - 09h15					
09h15 - 09h30					
09h30 - 09h45					
09h45 - 10h00					
10h00 - 10h15	cerimônia de abertura	intervalo	intervalo	intervalo	intervalo
10h15 - 10h30					
10h30 - 10h45	Palestra internacional	Palestra internacional	Palestra internacional	Palestra nacional	CFD-EPTT2020-0038
10h45 - 11h00				Prof. Márcio T. de Mendonça INPE & Renato Cosin Embraer	CFD-EPTT2020-0041
11h00 - 11h15	Prof. Hans Kuipers Eindhoven University of Technology, HOL	Prof. Udo Fritsching University of Bremen, ALE	Prof. Olivier Desjardins Cornell University, EUA	“Transição laminar-turbulento em aplicações aeronáuticas - fundamentos e metamodelagem baseada em deep learning”	CFD-EPTT2020-0046
11h15 - 11h30					CFD-EPTT2020-0063
11h30 - 11h45					CFD-EPTT2020-0066
11h45 - 12h00	“Recent advances in the multi-scale simulation of mass, momentum and heat transfer in dense gas particle flows”	“Gas flow field impact on spray formation and evolution within processing of complex liquids”	“Computational modeling of multiphase turbulence: Chaos, interfaces, and particles”		CFD-EPTT2020-0070
12h00 - 12h15					CFD-EPTT2020-0091
12h15 - 12h30					CFD-EPTT2020-0092
12h30 - 13h30	almoço	almoço	almoço	almoço	almoço
13h30 - 13h45	MPF-EPTT2020-0012	AERO-EPTT2020-0011		CFD-EPTT2020-0001	TAM-EPTT2020-0112
13h45 - 14h00	MPF-EPTT2020-0034	AERO-EPTT2020-0029	Sessão de pôster AERO e O: EPTT2020-0023, 0040, 0076, 0121 e 0123	CFD-EPTT2020-0002	EXP-EPTT2020-0125
14h00 - 14h15	MPF-EPTT2020-0045	AERO-EPTT2020-0030		CFD-EPTT2020-0003	intervalo
14h15 - 14h30	MPF-EPTT2020-0067	AERO-EPTT2020-0068		CFD-EPTT2020-0010	Sessão de pôster EXP, TAM e MPF: EPTT2020-0026, 0042, 0080, 0101, 106 e 0114
14h30 - 14h45	intervalo	intervalo	intervalo	intervalo	
14h45 - 15h00	MPF-EPTT2020-0078	AERO-EPTT2020-0072		CFD-EPTT2020-0015	
15h00 - 15h15	MPF-EPTT2020-0082	RHEO-EPTT2020-0007		CFD-EPTT2020-0018	
15h15 - 15h30	MPF-EPTT2020-0087	RHEO-EPTT2020-0016	Palestra internacional	CFD-EPTT2020-0028	intervalo
15h30 - 15h45	MPF-EPTT2020-0018	RHEO-EPTT2020-0047		CFD-EPTT2020-0036	
15h45 - 16h00	intervalo	intervalo	Prof. Marcus Herrmann Arizona State University, EUA	intervalo	Cerimônia de encerramento
16h00 - 16h15				CFD-EPTT2020-0015	
16h15 - 16h30				CFD-EPTT2020-0027	
16h30 - 16h45	Sessão de pôster CFD 1: EPTT2020-0013, 0014, 0025, 0035, 0037 e 0051	Sessão de pôster CFD 2: EPTT2020-0052, 0077, 0103, 0109, 0113 e 0116	“Modeling Turbulent Liquid/Gas Phase Interfaces using a dual-scale Large Eddy Simulation approach”	CFD-EPTT2020-0029	
16h45 - 17h00				intervalo	
17h00 - 18h00				Assembleia ABCM	

Quadro 1: Programação final da EPTT 2020.

Merece destaque neste conjunto de atividades a palestra do Prof. Aristeu da Silveira Neto (UFU), com o lançamento de seu livro “Escoamentos Turbulentos - Análise Física e Modelagem Teórica”. Esta obra foi muito aguardada pela comunidade nacional, pois há bastante tempo se esperava por uma literatura brasileira que pudesse ser adotada nos cursos de graduação e pós-graduação. Cópias do livro foram sorteadas ao longo dos dias do evento e enviadas posteriormente para os endereços dos ganhadores.

Nas seções de apresentação oral dos 37 trabalhos técnicos aprovados, a transmissão dos vídeos previamente gravados pelos autores (orientou-se à utilização do OBS Studio para isso) correu sem problemas e cobriu as áreas de Reologia e Fluidos Não-Newtonianos, Aerodinâmica, Escoamento Multifásico, Fluidodinâmica Computacional, Instrumentação e Experimentos, e Modelagem Teórica e Analítica. Além destes, 23 pôsteres foram apresentados, totalizando 60 trabalhos técnicos. Todos eles passaram por dupla revisão, foram retornados aos autores e recebidos novamente pela

organização, o que forneceu ainda maior qualidade aos trabalhos.

A transmissão do evento *on-line* permite também ter contagem do público ao longo de todo período. Sabemos, por exemplo, que houve audiência de até 150 pessoas simultaneamente em diferentes momentos. Como os vídeos permanecem *on-line*, os participantes que têm o *link* de acesso podem assistir novamente o evento e, até setembro de 2021, mais de 4.700 visualizações ocorreram, somando 3.279 horas de vídeo. Isso demonstra o potencial de eventos com transmissão pela internet: mesmo que parcialmente, o conhecimento compartilhado permanece acessível, a marca da ABCM segue sendo divulgada e a comunidade, envolvida. A Figura 2 apresenta os principais resultados quantitativos referentes à transmissão da EPTT 2020 pelo YouTube. As informações relativas ao modo síncrono significam que o acesso ocorreu durante o evento, enquanto aquelas do modo assíncrono refletem acesso posterior. O número de visualizações considera a possibilidade de mais de um acesso por pessoa e o tempo de exibição é a soma do período transmitido em cada uma das visualizações.

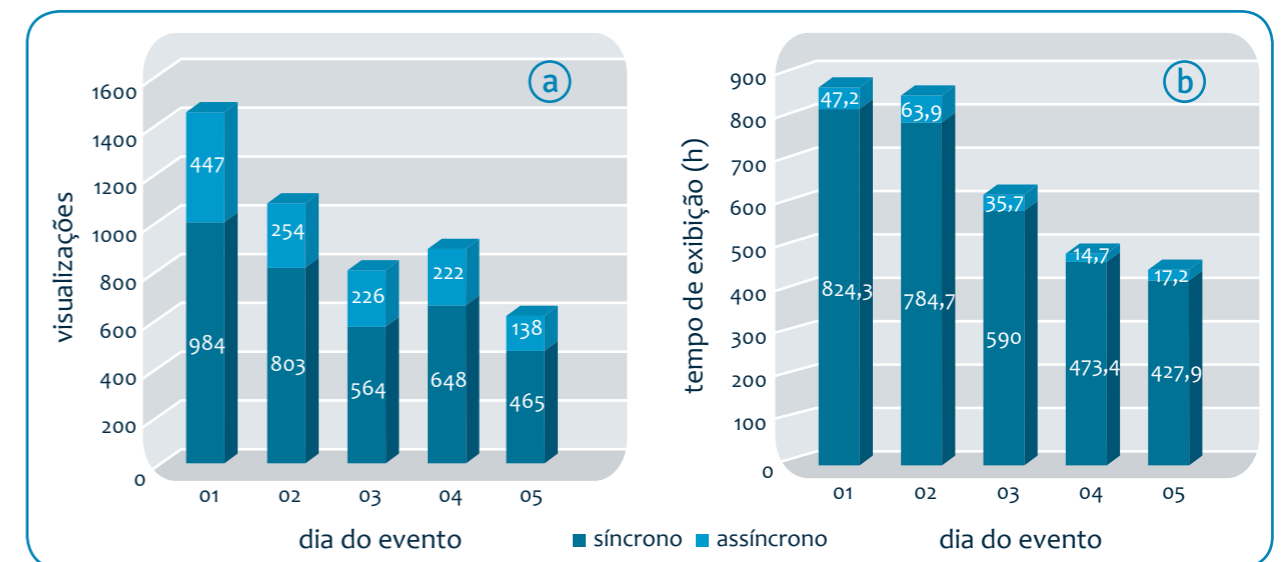


Figura 2: Dados de acesso e transmissão de cada dia da EPTT 2020:

a. visualizações do vídeo e b. tempo de exibição.

A parte inferior das barras se refere ao dado síncrono, enquanto a superior ao dado assíncrono.

O único momento não transmitido *on-line* foi a assembleia da ABCM, realizada como tradicionalmente na quinta-feira, final da tarde. Nela, foram tratados assuntos concernentes à organização da EPTT 2020, foram refletidas opiniões e pontos de vista, além de apresentada candidatura da UNESP São João da Boa

Vista - SP, curso de Engenharia Aeronáutica. Como a pandemia mudou rapidamente as expectativas sobre a realização da Escola, por oferta da ABCM a equipe do LFC-LVV FURB aceitou organizar e realizar a EPTT 2022 e, por consequência, concordou-se que a EPTT 2024 será realizada pela Unesp SJBV.

Olhando para o futuro da EPTT

Olhar para um futuro incerto é o que mais todos nós temos feito. Há insegurança sobre como tudo será daqui em diante, nossas previsões sofrem difusões de diversas influências. No entanto, mesmo no momento mais crítico reunimos nossas intenções e nossa paixão por aprender e compartilhar conhecimento. O papel basilar da Escola de Primavera de Transição e Turbulência, transmitir e estimular o estudo desta misteriosa, intrigante e encantadora fenomenologia natural, deve permanecer como seu principal foco. A pandemia que começamos a superar nos lembrou que há diversos caminhos para chegar a um destino, pegando carona entre uma estrutura turbilhonar e outra.

A inegável proximidade e eficácia de um evento presencial favorece sua escolha para próximas edições. Por outro lado, a segurança biológica nunca poderá ser negligenciada. Ainda, os benefícios da transmissão *on-line* se mostraram evidentes na EPTT 2020 e, desta forma, sua utilização deve ter espaço no futuro. Talvez assim encontremos um modelo

híbrido, composto pelas melhores características das duas abordagens. E o chope no w da EPTT 2022 em Blumenau não poderá faltar!

Agradecimentos

A coordenação da XII Escola de Primavera de Transição e Turbulência agradece imensamente todo o apoio que teve de sua equipe interna, composta por alunos de todos os níveis, bem como da comissão organizadora composta por professores de variadas instituições do país. Esta heterogeneidade foi importante nas discussões e tomadas de decisão, fazendo com que as discussões tivessem mais cor e as tomadas de decisão fossem mais assertivas. Agradecemos também a participação da comunidade, que foi assídua e envolvida, mesmo virtualmente.

Como em um evento virtual, nos despedimos com uma tela de até logo. Esperamos por todos vocês na EPTT 2022, quem sabe, ao vivo e a cores.

ENCIT 2020 On-line

Francis Henrique Ramos França > UFRGS



O ENCIT 2020 - 18th *Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering* - logo em seu início, em 16 de novembro de 2020, tornou-se um marco entre todas as edições do ENCIT por ocorrer integralmente no formato *on-line*, em consequência das restrições impostas pela pandemia do Covid-19.

A Comissão Organizadora foi constituída por docentes do Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS: Adriane P. Petry (Vice-Presidente), Alexandre V. Paula, Andrés M. Zevallos, Cirilo S. Bresolin, Fernando M. Pereira (Editor Científico), Felipe R. Centeno (Tesoureiro), Francis H. R. França (Presidente), Guilherme H. Fiorot e Thamy C. Hayashi. Além dos trabalhos de organização, os membros da comissão atuaram como coordenadores dos simpósios, juntamente com os secretários dos respectivos comitês técnicos da ABCM. O Comitê Científico do ENCIT 2020 abrangeu um espectro amplo de pesquisadores na área de ciências térmicas de todas as regiões do país.

Originalmente, o congresso estava previsto para ocorrer na cidade de Bento Gonçalves, na Serra Gaúcha. No início de 2020, já haviam sido definidos praticamente todos os principais aspectos da

organização, do aluguel do Centro de Convenções do Dall'Onder Grande Hotel ao traslado dos participantes entre o aeroporto e o hotel. Contudo, em maio de 2020, diante do aprofundamento das restrições às atividades presenciais e das incertezas sobre a possibilidade de realização de congressos presenciais nos meses seguintes, em conjunto com a Diretoria da ABCM, a Comissão Organizadora decidiu pela mudança do evento do formato presencial para o *on-line*, mantendo-se a mesma data original, de 16 a 20 de novembro. A comunidade da ABCM foi informada da decisão em 23 de maio, aproximadamente seis meses antes do período do congresso. Além de assegurar aos participantes a realização do congresso, a mudança no formato do evento permitiu a extensão dos prazos de submissão em dois meses. Isso se provou fundamental para uma parcela significativa de pesquisadores diante das limitações de acesso a laboratórios em universidades e centros de pesquisa. Além disso, em um período de contingências no financiamento da pesquisa e atividades acadêmicas, como uma forma de apoio aos participantes, as taxas de inscrição foram reduzidas a 1/4 das taxas originais. Dessa forma, mesmo em um ano de crise global, o ENCIT 2020 foi uma das edições com maior número



de congressistas, alcançando o total de 589 inscritos. Assim, a realização do congresso possibilitou que os grupos de pesquisa mantivessem o planejamento de participação em eventos científicos, fundamental na formação de jovens pesquisadores e alunos da pós-graduação.

O Congresso On-line

Nessa mudança ampla e inesperada do formato presencial para o remoto, buscou-se tanto a simplicidade quanto a efetividade na organização das diferentes atividades que compõem o ENCIT. O congresso *on-line* foi sediado em um website com acesso restrito, através do qual os participantes acessavam os *links* para as atividades síncronas do congresso, incluindo a sessão de abertura, *keynotes*, reuniões dos comitês técnicos e a plenária da

ABCM. As áreas dos simpósios continham os *links* para as apresentações dos trabalhos publicados no congresso, que foram gravados previamente pelos autores e carregados na plataforma do YouTube.

Apenas os inscritos no congresso possuíam acesso ao *website* restrito do ENCIT 2020, utilizando-se dos mesmos dados de acesso ao sistema de evento da ABCM. Na área restrita, os congressistas podiam acessar a lista de *keynotes*, os *proceedings* do congresso, incluindo *links* para os arquivos pdf dos trabalhos publicados no congresso e seus respectivos vídeos, além de informações sobre os patrocinadores.

O *website* possuía um quadro de avisos, atualizados diariamente, através do qual se acessavam os *links* para todas as atividades ao vivo e reuniões, como a Plenária da ABCM e as reuniões dos comitês técnicos. Uma imagem do *website* é apresentada na Figura 1.

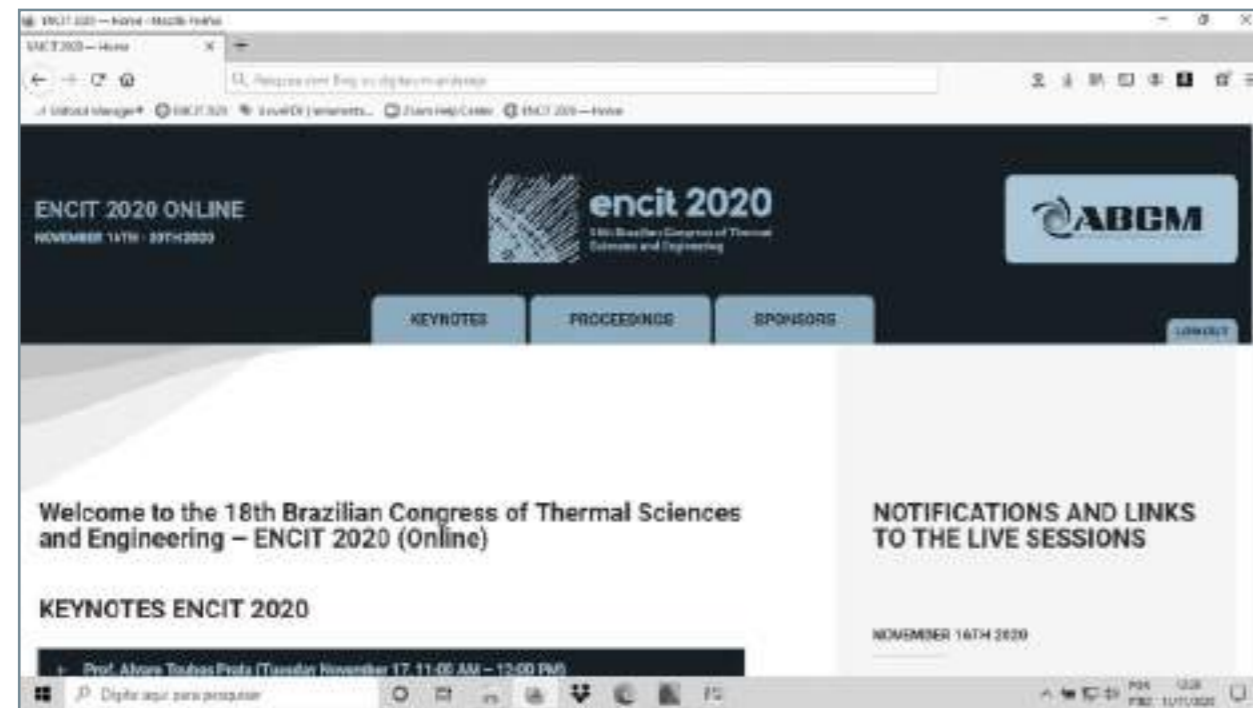


Figura 1: Layout do website da conferência *on-line*, com abas para acesso às palestras convidadas, aos *proceedings* e aos materiais de divulgação dos patrocinadores.

Todas as *keynotes* foram realizadas ao vivo, através da plataforma Zoom Webinar, com acesso através dos *links* disponíveis no quadro de avisos (Figura 2).

Os membros da audiência, identificando seus nomes e instituições, podiam realizar perguntas através da ferramenta Q&A, que ficavam também visíveis aos demais participantes da audiência. No

final da palestra, o chair da sessão podia fazer uma síntese das questões ou escolher aquelas perguntas que recebiam o maior número de likes da audiência. As *keynotes* foram gravadas e carregadas no *website* restrito do evento. Assim, participantes que não pudessem assistir às apresentações ao vivo, podiam acessá-las em qualquer momento durante o período do congresso.



Figura 2: Abas para acesso às palestras gravadas dos palestrantes convidados e quadro de avisos.

Todos os trabalhos aceitos para apresentação no congresso eram acessados em abas específicas para cada um dos simpósios. Abaixo de cada artigo listado nos simpósios, havia *links* para o respectivo arquivo (em pdf) e a apresentação do trabalho, gravada previamente por cada autor e carregada na plataforma do YouTube (Figura 3). Nessa forma de organização, os participantes podiam assistir às apresentações em qualquer momento durante

o congresso, uma vantagem em relação aos congressos presenciais em que sessões técnicas ocorrem em paralelo. Embora não tenha havido interações ao vivo entre autores e audiência, era mandatório que os autores deixassem o *chat* do YouTube ativo para perguntas e comentários dos conferencistas, possibilitando as interações com outros participantes.



Figura 3: Exemplo de acesso ao arquivo pdf e vídeo da apresentação de um trabalho do simpósio Heat and Mass Transfer.

O Programa Científico

O ENCIT 2020 abrangeu um total de dez simpósios. A mudança do formato do evento de presencial para *on-line* permitiu a extensão dos prazos de submissão dos trabalhos em aproximadamente dois meses, mesmo mantendo as datas de realização do evento. Essa extensão permitiu a redução do impacto causado pelo fechamento temporário de universidades e centros de pesquisa devido à pandemia. Com isso, houve a submissão de um número substancial de resumos estendidos, acima de 800, dos quais 527 trabalhos foram finalmente aprovados para publicação nos proceedings do congresso. O ENCIT 2020 esteve, assim, entre as edições com a maior quantidade de artigos.

Os trabalhos aceitos distribuíram-se da seguinte forma nos simpósios: Aerospace Engineering (42); Bioengineering (11); Combustion (62); Energy and Thermal Systems (137); Fluid Mechanics and Rheology (125); Heat and Mass Transfer (87); Heating, Ventilation, Air-Conditioning and Refrigeration (23); Nano and Microfluidic and Micro-Systems (14); and Nuclear Engineering (10); Offshore and Petroleum Engineering (16). A decisão do Comitê de Ciências Térmicas de abranger dois simpósios, Energy and Thermal Systems e Heat and Mass Transfer, foi corroborada pelo elevado número de trabalhos publicados em ambos, o que fortalece a ideia de sua reorganização, no futuro, em dois comitês.

Além dos trabalhos publicados nos simpósios, os participantes puderam assistir às cinco palestras *keynotes* do congresso, que apresentaram temas de caráter mais amplo e de interesse geral em ciências térmicas. Na abertura do congresso, o prof. Álvaro Prata (UFSC) apresentou uma palestra sobre os desafios e oportunidades para a engenharia no Brasil do século XXI. O prof. Satish Kandlikar (RIT-USA) abordou conhecimentos inovadores que quebram paradigmas em processos de ebulição. A palestra do prof. Pedro Coelho (IST-Portugal) tratou dos novos avanços em geradores termoelétricos para recuperação de energia em gases de exaustão de veículos de carga pesada. O prof. Alessandro Croce (POLIMI-Itália) apresentou os avanços na pesquisa multidisciplinar sobre o projeto, a otimização e a fabricação de turbinas eólicas. Por fim, na tradicional palestra sobre a avaliação da CAPES na área das Engenharias III, o prof. Edgar Mamyia (UnB) abordou a

atual metodologia de avaliação dos programas de pós-graduação, como uma transição para a avaliação multidimensional proposta para os próximos quadriênios.

A programação científica ENCIT 2020 também foi enriquecida com um conjunto de *keynotes* de simpósios, todos realizadas ao vivo: Dr. Leonam dos Santos (Presidente da Eletronuclear) pelo Simpósio de Engenharia Nuclear; prof. Jader Barbosa (UFSC) pelo Simpósio de HVAC; profa. Carolina P. Naveira-Cotta (UFRJ), pelo Simpósio de Transferência de Calor e Massa; profs. Mônica Naccache (PUC-Rio) e Erick Franklin (UNICAMP), pelo Simpósio de Mecânicas dos Fluidos e Reologia; profs. Deanna Lacoste (KAUST - Arábia Saudita) e Juan J. Hernández (UCLM - Espanha), pelo Simpósio de Combustão; e prof. Marcello Augusto Faraco de Medeiros (USP), pelo Simpósio de Engenharia Espacial.

Durante o congresso, também foram realizadas as reuniões dos comitês técnicos responsáveis pelos simpósios abrangidos pelo ENCIT: Combustão; Mecânica dos Fluidos e Reologia; Engenharia Nuclear; Ciências Térmicas; Engenharia Aeroespacial; HVAC; Nano e Microfluídica e Microsistemas. Os recursos de comunicação *on-line* se mostraram muito efetivos para as reuniões dos comitês, simplificando o encontro dos membros executivos em relação aos eventos presenciais, nos quais apenas os membros presentes no evento conseguem participar das reuniões. O ENCIT 2020 manteve de forma *on-line* a Plenária da ABCM, que ocorreu de um modo semelhante às reuniões presenciais e contando com um número substancial de participantes.

A Experiência On-line

Em um ano em que congressos científicos em todo o mundo foram reformatados para o formato *on-line*, o ENCIT 2020 foi o primeiro congresso de grande porte da ABCM a ocorrer inteiramente no modo remoto. Nesse sentido, o evento também possibilitou uma valiosa experiência para da Associação sobre esse formato de evento, permitindo uma melhor percepção sobre as vantagens e limitações dos congressos *on-line*.

As vantagens são significativas. Eventos *on-line* reduzem substancialmente os custos, não exigindo despesas com o aluguel do centro de

convenções e de toda estrutura envolvida em um congresso presencial. Aspectos logísticos são consideravelmente simplificados por não ser necessário assegurar a disponibilidade de hospedagem com tarifas acessíveis para os participantes, planejar os itinerários de palestrantes convidados ou do traslado dos congressistas do aeroporto ao centro de convenções etc. Para os participantes de um evento *on-line*, não há despesas de viagem e hospedagem. Além disso, os recentes desenvolvimentos nas ferramentas de reunião à distância permitem emular muitas das práticas de comunicação e interação dos congressos presenciais. As *keynotes* e as apresentações dos autores podem ser gravadas, permitindo aos congressistas acessá-las no momento de maior conveniência.

Por outro lado, após o longo período em que as atividades acadêmicas se limitaram exclusivamente à forma remota, há uma inegável exaustão quanto à comunicação exclusivamente remota. Entre muitos aprendizados advindos da pandemia, interações presenciais na transmissão do conhecimento passaram a ter um significado ainda maior. Enquanto que as ferramentas de comunicação à distância continuarão sendo cada vez mais empregadas no meio acadêmico e

em colaborações de pesquisa, as oportunidades de interação presencial em congressos terão um papel ainda mais fundamental. Congressos presenciais, em um ambiente de imersão, intensificam o nível de interação entre pesquisadores, e são fundamentais para fortalecer o senso de pertencimento às associações e sociedades técnico-científicas. Apesar dos investimentos nos congressos presenciais serem maiores do que no formato *on-line*, em tempo e recursos, os ganhos no avanço do conhecimento e no fortalecimento coletivo certamente compensam.

Independente do modelo de congresso - presencial, *on-line* ou híbrido - o engajamento da comunidade é o fator fundamental para o fortalecimento contínuo dos congressos científicos, mensurado por seus resultados para a sociedade. Apesar de ter sido uma primeira experiência no formato *on-line*, a percepção geral foi muito positiva em relação ao ENCIT 2020. Isso não resultou apenas dos esforços de organização, mas do papel desempenhado por todos que, na realidade, construíram o congresso: Diretoria da ABCM, comitês técnicos, palestrantes, autores, audiência e patrocinadores. A Comissão Organizadora do ENCIT 2020 expressa gratidão a todos.



Com o avanço da vacinação contra o Covid-19 no Brasil e no mundo, há uma expectativa realista de que o ano de 2022 marque o retorno dos congressos presenciais. No âmbito das decisões sobre a mudança do ENCIT 2020 do formato presencial para o remoto, manteve-se o planejamento de realização do ENCIT 2022 na cidade de Bento Gonçalves, no Rio Grande do

Sul, sob a responsabilidade do grupo da UFRGS.

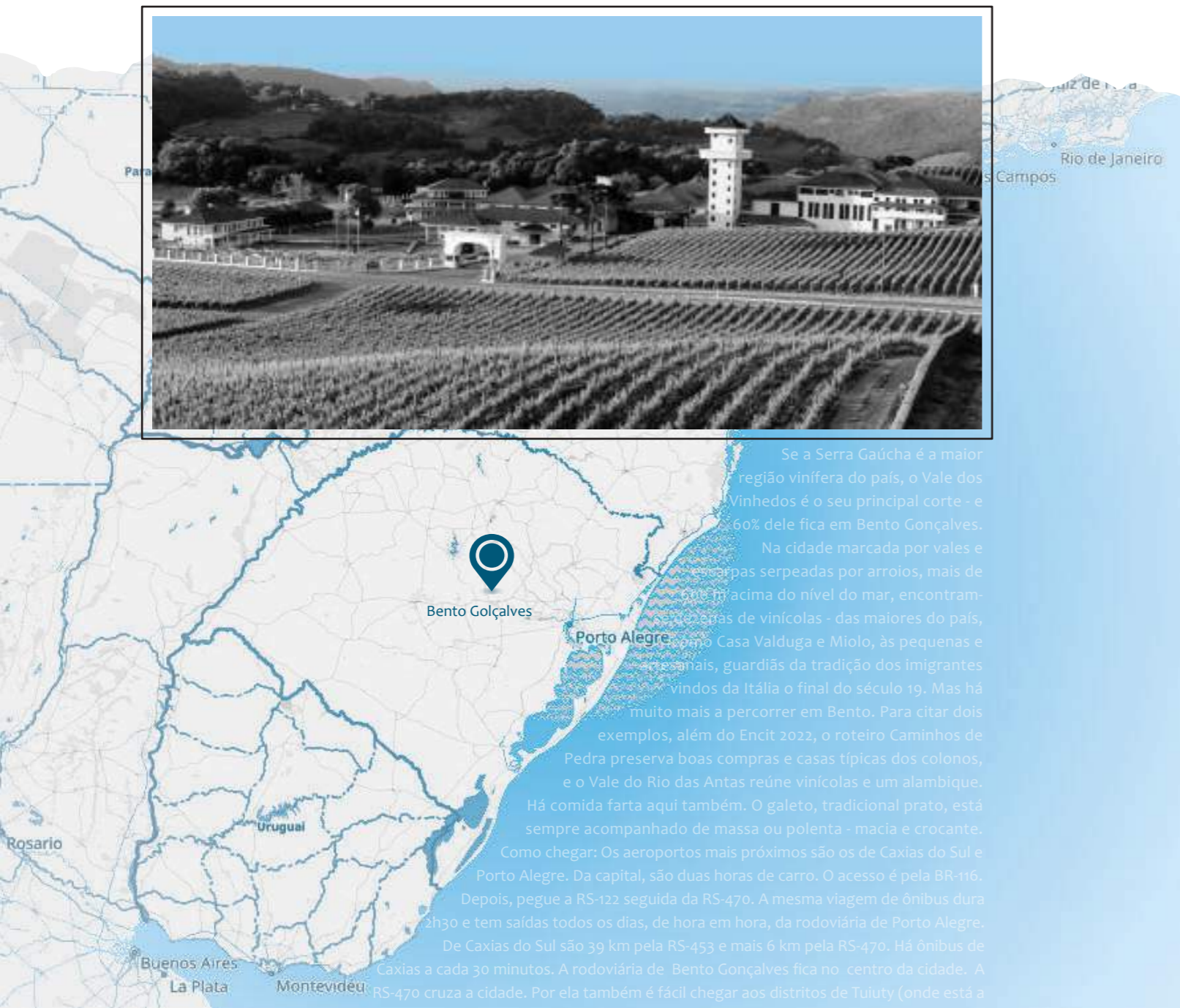
A cidade de Bento Gonçalves, na Serra Gaúcha, localiza-se a 116 km do aeroporto Salgado Filho, em Porto Alegre. Serão oferecidos traslados para os participantes do congresso com tarifas acessíveis e, adicionalmente, existem linhas de ônibus regulares para Bento Gonçalves a partir

do aeroporto. Bento Gonçalves, conhecida como a Capital Brasileira da Uva e do Vinho, é um dos principais destinos turísticos do país, pela cultura italiana, gastronomia, vinícolas e paisagens exuberantes (Figura 4). O Centro de Convenções do Grande Hotel Dall'Onder, na região central de Bento Gonçalves, comporta uma excelente estrutura para a realização do evento, com auditórios amplos e modernos

para a realização das palestras convidadas, além de número suficiente de salas para as sessões técnicas dos simpósios. O centro de convenções é um anexo do hotel, que se situa na região central de Bento Gonçalves, na vizinhança de cantinas e bares, um ambiente perfeito para o tão aguardado reencontro presencial da comunidade de ciências térmicas da ABCM.

O ENCIT 2022 ocorrerá no período de 06 a 10 de novembro de 2022.

Figura 4: Vista do Vale dos Vinhedos, em Bento Gonçalves, Serra Gaúcha.
Créditos: Deborah Villas-Bôas Dadalt > Fonte: Bento Convention Bureau.



Se a Serra Gaúcha é a maior região vinífera do país, o Vale dos Vinhedos é o seu principal corte - e 60% dele fica em Bento Gonçalves. Na cidade marcada por vales e encostas serpeadas por arroios, mais de 500 m acima do nível do mar, encontram-se as vinícolas - das maiores do país, como Casa Valduga e Miolo, às pequenas e artesanais, guardiãs da tradição dos imigrantes vindos da Itália o final do século 19. Mas há muito mais a percorrer em Bento. Para citar dois exemplos, além do Encit 2022, o roteiro Caminhos de Pedra preserva boas compras e casas típicas dos colonos, e o Vale do Rio das Antas reúne vinícolas e um alambique. Há comida farta aqui também. O galetto, tradicional prato, está sempre acompanhado de massa ou polenta - macia e crocante. Como chegar: Os aeroportos mais próximos são os de Caxias do Sul e Porto Alegre. Da capital, são duas horas de carro. O acesso é pela BR-116. Depois, pegue a RS-122 seguida da RS-470. A mesma viagem de ônibus dura 2h30 e tem saídas todos os dias, de hora em hora, da rodoviária de Porto Alegre. De Caxias do Sul são 39 km pela RS-453 e mais 6 km pela RS-470. Há ônibus de Caxias a cada 30 minutos. A rodoviária de Bento Gonçalves fica no centro da cidade. A RS-470 cruza a cidade. Por ela também é fácil chegar aos distritos de Tuiuty (onde está a

Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA > uma trajetória de 71 anos



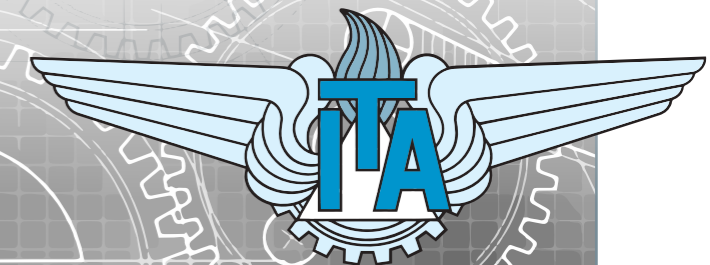
Anderson Ribeiro Correia > Reitor



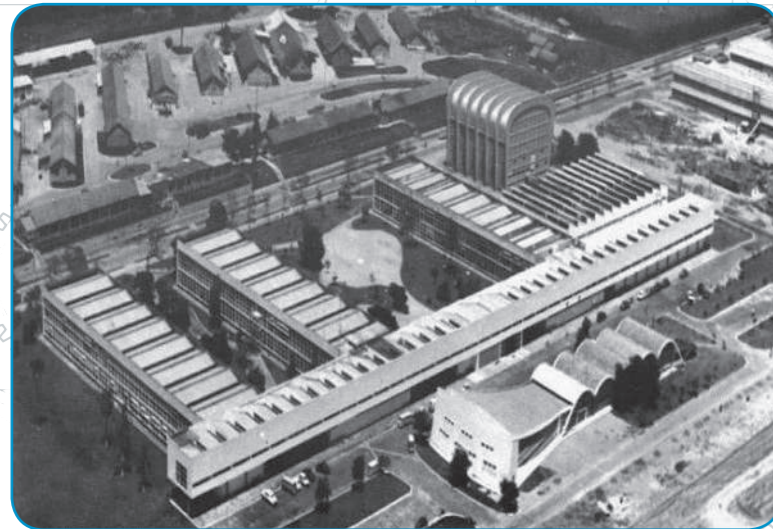
Jesuino Takachi Tomita > Vice-Reitor



Fernando Toshinori Sakane > ex-Reitor



Colaboração: Ten. Larissa dos Santos > DCTA | Prof. Hermelindo Lopes > DCTA



Primeiras instalações do ITA.

Primeira Década

Nascido do ideal de um visionário, o Marechal do Ar Casimiro Montenegro Filho, em criar um complexo que desse suporte ao nascimento e à sustentação da indústria aeronáutica brasileira, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), foi a primeira organização a ser criada no Centro Técnico de Aeronáutica (CTA), em 16 de janeiro de 1950.

Inspirado por visita feita, em 1943, ao *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), nos Estados Unidos, Casimiro Montenegro se imbuíu da missão de criar

um centro tecnológico que contemplasse todo o ciclo que envolve a produção de um avião, desde a formação de engenheiros especializados na área, passando pela pesquisa e desenvolvimento, até transferência de tecnologia para a indústria.

“Antes de produzirmos aeronaves, precisamos produzir engenheiros”, afirmou o, então, Coronel Casimiro Montenegro Filho, referindo-se ao ITA, uma escola pioneira no Brasil na formação de Engenheiros Aeronáuticos.



Cel. Montenegro apresentando o Plano Smith para autoridades brasileiras.

Montenegro e o professor Richard Harbert Smith, chefe do Departamento de Engenharia Aeronáutica do MIT, trazido ao Brasil para colaborar na elaboração do ousado projeto, apresentaram, em 1945, o Plano de Criação do Centro Técnico de Aeronáutica, mais conhecido como “Plano Smith”, que orientava a implantação do CTA e onde estava previsto início das atividades com a criação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, com a objetivo de formar profissionais de alto nível para a produção de aviões no território nacional

Inspirada no modelo educacional do MIT, surgiu assim, uma escola de engenharia de alto nível no país, com instalações adequadas, professores experimentados, inicialmente trazidos do exterior, e residindo no próprio campus, juntamente com os alunos. O ITA chegou a reunir professores de 16 nacionalidades diferentes e foi regido nos seus primeiros dez anos de existência por quatro reitores norte-americanos. Para trabalhar com os professores estrangeiros, o Ministério da Aeronáutica contratou professores brasileiros com o intuito de prepará-los para assumirem as posições titulares ao longo do tempo.

Definido pela Lei nº 2.165, de 05 de janeiro de 1954, o Instituto teve na sua gênese objetivos que são atuais até os dias de hoje: formação de profissionais de nível superior nas especializações de interesse para a aviação geral, e à Força Aérea Brasileira em particular; cursos de extensão universitária e de pós-graduação e promover, através da educação e da pesquisa, o progresso das ciências e das técnicas relacionadas com a aeronáutica. Além disso, o ITA tem em sua missão a formação de técnicos competentes e cidadãos conscientes. Com a ressalva de substituir-se, atualmente, o conceito de aeronáutica por uma concepção mais ampliada definida pelo termo aeroespacial.

Segunda Década

Seguindo sua missão, definida nos primórdios de sua criação, o ITA, conduzido pelo seu primeiro reitor brasileiro, Marco Antonio Cecchini, francês de nascença, residente no Brasil desde os dois anos de idade e naturalizado aos trinta, criou, em 1961, o curso de Pós-Graduação “*stricto sensu*”, nos moldes de hoje. Contando com o apoio da Universidade de Michigan para introduzir aqui um ambiente frutífero em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, o Instituto implementou o que é reconhecido como o marco do início da pós-graduação *stricto sensu* em engenharia no Brasil, servindo de modelo para outras universidades brasileiras.

Uma peculiaridade do ITA é um conceito tradicional à sua comunidade, um código de honra e de ética conhecido desde os primeiros anos de sua existência, a Disciplina Consciente (DC). De difícil definição devido aos seus aspectos subjetivos, consiste no entendimento, conscientização, discernimento, vivência e prática da ética, responsabilidade, honradez, confiança além do compromisso com as normas vigentes, sem necessidade de fiscalização ostensiva, no esforço pela defesa e manutenção dos ideais *iteanos*. Esta prática tem se mostrado, ao longo dos anos, de grande riqueza pedagógica, com resultados nos alunos tais como: efetivo comprometimento com a qualidade da formação acadêmica, fortalecimento do senso de responsabilidade nos discentes, aumento de eficiência em função do sentimento de confiança.

A concepção inicial também previu condições diferenciais em relação a outras escolas de engenharia do país devido à dinamicidade do currículo, que se renovava anualmente, e residência, alimentação e serviços médicos no campus para os alunos, com o objetivo de facilitar a dedicação exclusiva ao curso e a interação aluno-professor.

Acompanhando o desenvolvimento da indústria brasileira e adaptando-se às demandas da Força Aérea Brasileira, o ITA criou ao longo de sua existência, além do curso inicial de Engenharia Aeronáutica, mais cinco graduações: em 1951, foi implantado o curso de Engenharia Eletrônica; em 1962, o curso de Engenharia Mecânica (transformado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica em 1975); em 1975, o curso de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica (transformado em Engenharia Civil-Aeronáutica em 2006); em 1989, o curso de Engenharia de Computação e, em 2010, o curso de Engenharia Aeroespacial.

No mesmo ano é criada a AVIBRAS (Aviação do Brasil), uma das primeiras empresas da indústria aeroespacial do Brasil, fundada pelos engenheiros formados no ITA: Olympio Sambatti, José Carlos de Sousa Reis, Aloysio Figueiredo e João Verdi de Carvalho Leite. Começava a se configurar o cluster de empresas aeronáuticas, aeroespaciais e de defesa na região de São José dos Campos, ambiente imaginado na década de quarenta pelos entusiastas da criação do CTA.

Um outro grande marco, este de repercussão internacional e um salto inestimável para a indústria

aeronáutica nacional, conduzido pelo, então, Major Aviador da Força Aérea Brasileira Ozires Silva, formado Engenheiro Aeronáutico no ITA em 1962, foi a construção da Aeronave Bandeirante. Aliando seus conhecimentos de oficial aviador e engenheiro aeronáutico, no campus do Centro Técnico de Aeronáutica (CTA), chefiou o departamento onde foi projetado e construído o primeiro avião brasileiro, o Bandeirante, que teve seu primeiro voo bem-sucedido em 1968.

O Bandeirante, projetado de modo a suprir as demandas da aviação regional nacional, fez tanto sucesso que acabou dando origem à Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer). “O Bandeirante foi uma resposta sobre qual tipo ou modelo de avião que poderíamos tentar fabricar no Brasil. Ele surgiu da ideia de que as pequenas cidades do futuro deveriam ter à disposição o transporte aéreo”, declarou o Engenheiro Ozires Silva, que após gerenciar a equipe de desenvolvimento da aeronave brasileira, foi designado a conduzir a criação da Embraer.

Em 11 de março de 2021 a Congregação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica aprovou por unanimidade a indicação do Engenheiro Ozires Silva ao Título de Doutor Honoris Causa. Um justo reconhecimento pela sua grande capacidade de gestão, notável empreendedorismo e sua imensurável contribuição ao desenvolvimento da indústria. Juntando-se a Alberto Santos Dumont, o Pai da Aviação e Patrono da Aeronáutica, e ao Marechal Casimiro Montenegro Filho, criador do CTA, Ozires Silva, o grande empreendedor da indústria aeronáutica brasileira fecha uma tríade de grandes personalidades com o Título de Doutor Honoris Causa do ITA que personificam a história da aviação brasileira.

Com seus grandes feitos, o iteano Ozires Silva é um grande exemplo da principal entrega do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, engenheiros de alto nível, capazes de atuar como sujeitos de nossa atividade industrial e de contribuírem efetivamente para seu desenvolvimento e consolidação.



Batismo da aeronave Bandeirante

Terceira Década

Diante do grande crescimento econômico brasileiro do início dos anos 1970, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica adentra sua terceira década de existência. No cenário internacional a situação é de grande competição entre Estados Unidos e União Soviética impulsionando fortemente o desenvolvimento tecnológico para apoiar a corrida espacial.

Demonstrando dinamismo e adaptabilidade, o Instituto inicia os novos tempos que se apresentam implementando a modernização de seus laboratórios e criando um novo curso, o Curso Superior de Tecnologia da Computação. Estas ações acompanharam o surgimento dos primeiros computadores pessoais, os PC - Personal Computers,

que iriam ter seu uso popularizado mundialmente na década seguinte.

Seguindo suas modificações em busca do atingimento de sua missão de promover, através da educação, do ensino e da pesquisa, o progresso das ciências e das tecnologias relacionadas com as atividades aeroespaciais, o ITA altera o curso de Engenharia Mecânica para Engenharia Mecânica-Aeronáutica, em 1975, cria a especialidade de Engenharia de Infraestrutura Aeroportuária, logo após dialogando com a criação da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), e amplia os programas de pós-graduação nas especialidades de Engenharia Eletrônica, Aeronáutica e Mecânica.

A crise do petróleo, com a disparada do preço do combustível, motivou o Coronel Aviador Urbano Ernesto Stumpf, Engenheiro Aeronáutico formado

pela primeira turma de engenharia do ITA, do Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IPD), órgão subordinado ao Centro Técnico Aeroespacial (CTA), a investir no desenvolvimento do motor a álcool. Os resultados alcançados pelo estudo, contribuíram decisivamente para a criação, pelo Governo Federal, em 1975, do PROÁLCOOL - Programa Brasileiro de Álcool, que buscava a substituição em larga escala dos combustíveis derivados de petróleo pelo etanol obtido a partir da cana de açúcar.

No mesmo ano, começa a circular o primeiro modelo movido a álcool, um Dodge Polara. Em seguida, um Volkswagen Fusca e um Gurgel Xavante, movidos pelo novo combustível, juntaram-se ao Dodge Polara para percorrer nove estados do Brasil, divulgando o sucesso da empreitada. O primeiro veículo a popularizar-se utilizando etanol, no entanto, foi o Fiat 147, lançado em 1979.



Dodge Polara movido a álcool

Quarta Década

Conhecida na América Latina como a década perdida, a década de 1980 foi um período de grave crise financeira que abalou a economia do Brasil. No entanto, os frutos do trabalho realizado no ITA, desenvolvendo conhecimento e tecnologia, e formando profissionais de elevada capacidade empreendedora e inovadora, se mostram eficazes em várias frentes. A essa época, o Instituto já havia formado mais de três mil engenheiros dos quais vários ocupavam cargos de relevância no governo e na indústria nacional. Dentre estes,

podemos citar Ozires Silva, que é convidado a assumir a presidência da Petrobras e deixa o cargo de presidente da Embraer para Ozílio Silva, outro iteano que participou da fundação e comandou a empresa de 1986 a 1990; Guido Fontegalant Pessotti que coordenou o desenvolvimento de diversas aeronaves na Embraer no período de 1969 a 1992: Bandeirante EMB-110, Ipanema, Xavante, Xingu, Tucano, Brasília, AMX, Vector e EMB-145 contribuindo de forma relevante para a afirmação da empresa no mercado aeronáutico.

Dando continuidade aos estudos para desenvolvimento do motor a álcool liderados pelo Coronel Aviador Stumpf, Engenheiro Aeronáutico formado no ITA, em 1981, o Centro Técnico Aeroespacial ampliou a atuação da pesquisa para a conversão de motores de aeronaves para o uso deste combustível. Os aviões escolhidos para os testes foram o T-25, de treinamento da Força Aérea Brasileira e o Ipanema, aeronave de uso agrícola. Os resultados dos ensaios foram alvissareiros e primeiro voo-teste de uma aeronave movida a álcool ocorreu

Quinta Década

Em 1996 o Ministério da Aeronáutica anuncia a abertura de vagas para ingresso de mulheres no Instituto Tecnológico de Aeronáutica. A novidade acompanha o crescente aumento da participação feminina no mercado de trabalho de engenharia no Brasil e no mundo. A entrada das estudantes no curso de graduação do ITA significava, conseqüentemente, a abertura de vagas para mulheres no Quadro de Oficiais Engenheiros da Força Aérea Brasileira, uma grande conquista nas Forças Armadas brasileiras.

Neste concurso vestibular foram 3.800 inscritos para disputarem 120 vagas, sendo que, desse total, 530 eram candidatas. Das seis aprovadas, duas decidiram cursar a graduação em Engenharia no ITA. Em dezembro de 2000, ao completar 50 anos de existência, a escola formava as primeiras Engenheiras, Patrícia Sílvia Rodrigues, em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, e Karina

Sexta Década

Desde 1961 formando Mestres nas áreas das Engenharias Aeronáutica, Eletrônica, Mecânica, Física, Química e Matemática, o ITA adentra o século XXI, criando, em 2002, o Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica e Mecânica visando a utilização dos métodos e técnicas de investigação sobre um tema de interesse predominantemente tecnológico. Este curso firmou uma parceria do Instituto com a Embraer, constituindo uma estrutura de sucesso na formação de profissionais especializados voltados para demandas específicas da indústria aeronáutica e compondo uma força de trabalho capaz de impulsionar o desenvolvimento qualitativo nesta área.

Num contexto de globalização com grande desenvolvimento na informatização e automação, onde o trabalho convencional vai desaparecendo

em 11 de dezembro de 1985, em São José dos Campos - SP, com o T-25.

O desenvolvimento não foi absorvido pela indústria e aguardou até a virada do milênio para o ressurgimento do interesse e a continuidade do desenvolvimento. Em 2004 a empresa Neiva, atualmente, subsidiária da Embraer, obtém a certificação do CTA para a aeronave Ipanema movida a álcool, o primeiro avião produzido em série no mundo a ser certificado para voar com este combustível.

Diogo de Sousa, em Engenharia Aeronáutica.

O ITA formou 160 mulheres (dado até 2020) nestes anos, tendo uma média de 8 graduadas por ano. Atualmente a presença feminina no Instituto é configurada pelos seguintes dados: são um total de 199 professores, dos quais 36 mulheres, 18% do corpo docente, e 671 alunos de graduação, sendo 58 mulheres, correspondendo a 8,6%.

A participação das mulheres nos cursos da área de exatas é muito baixa. Pensando nesta realidade e buscando incentivar e fomentar a participação feminina neste setor, em 2016, o ITA juntamente com a empresa Johnson & Johnson, iniciaram o projeto STEM²D II (*Science, Technology, Engineering and Mathematics, Manufacturing and Design*), com o objetivo de motivar mulheres a ingressarem em cursos de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Matemática, Manufatura e Design.

paulatinamente, o novo período impõe novos desafios à educação, exigindo a formação de profissionais mais criativos, autênticos e empreendedores, capazes de assumirem papéis de protagonismo em suas atividades e não de meros coadjuvantes. Encarando os desafios do novo milênio, o ITA ampliou sua atuação na Pós-graduação. Atualmente, a o número de discentes na Pós-graduação é cerca de duas vezes o número de alunos na graduação.

Nessa década, em 2001 foi criado o Programa de Pós-Graduação em Aplicações Operacionais (PPGAO) com o objetivo de promover a formação sistemática de militares da ativa das Forças Armadas, nos níveis de mestrado e doutorado, para o exercício de atividades no setor operacional de Defesa, em especial da Força Aérea Brasileira.

Sétima Década

Em 2012 o Instituto Tecnológico de Aeronáutica recebe a incumbência de ampliar a oferta de vagas para a graduação (duplicar de 120 para 240) e pós-graduação (aumento de 50%). O desenvolvimento nacional carecia de engenheiros de alto nível para trabalharem na indústria de alta tecnologia. Iniciava-se um projeto audacioso que, primeiramente, necessitava ampliar a infraestrutura com novas salas de aula, laboratórios, biblioteca e alojamento

estudantil e implicava também no aumento do corpo docente.

As obras de expansão do ITA foram divididas em etapas e a primeira delas foi a construção do novo prédio da Divisão de Ciências Fundamentais, com cerca de 16 mil m², concluída em 2017 com financiamento do MEC (visão geral, na figura em elipse).



Novas instalações das Ciências Fundamentais.

Em 2012, foi aprovada a Lei n. 12.778, que criou 143 novas vagas para docentes, dos quais 60 foram preenchidas em 2018, além de outras 20 preenchidas por redistribuição para reposição de perdas, representando aumento do quadro docente em cerca de 40%.

totalizando 150 vagas para o Concurso de Admissão 2021.

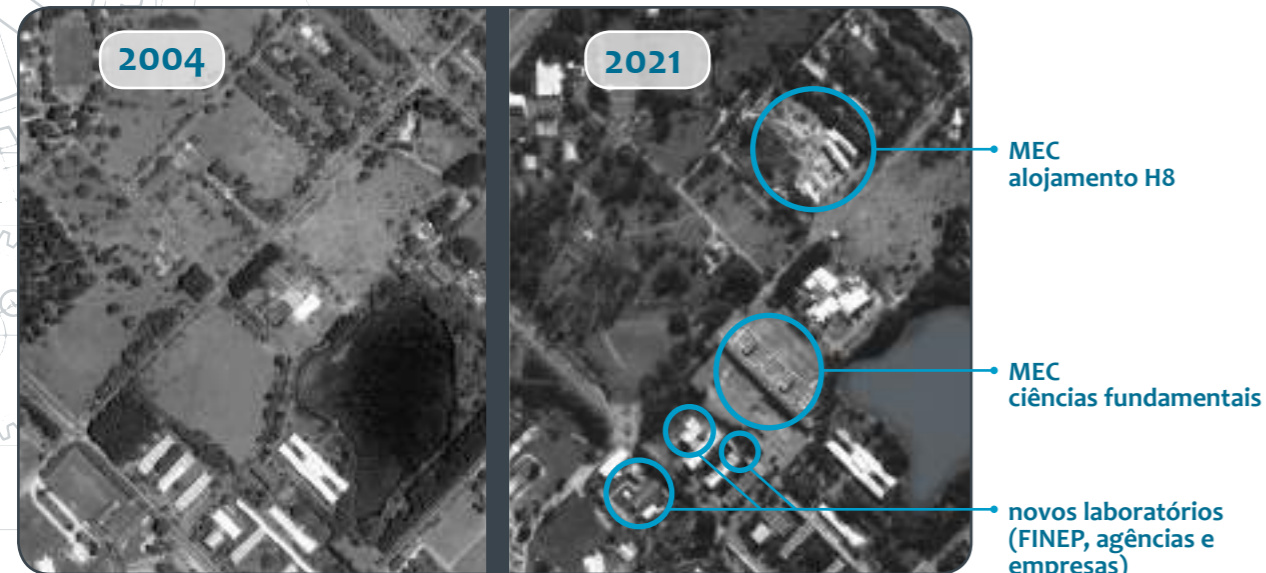
Em junho de 2020, o Comando da Aeronáutica (COMAER) autoriza aumento de 25% na quantidade de vagas para o Curso de Graduação em Engenharia do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

A construção de novos alojamentos estudantis foi a segunda etapa das obras de suporte para o crescimento e a modernização do ITA, financiada pelo MEC. Em dezembro de 2020, dois blocos de apartamentos, com capacidade para 128 alunos, foram inaugurados como parte do projeto de ampliação da capacidade de formação do Instituto (visão geral, na figura em elipse).



Foto noturna do novo alojamento (H8).

Concomitantemente, novos laboratórios eram inaugurados dando complementaridade ao crescimento da Escola como um todo.



Comparação das instalações|expansão do ITA: 2004 e 2021.

Desde 2009, o Núcleo de Bioengenharia do ITA buscava atender à demanda apontada pelo segmento da saúde em busca de soluções para alguns problemas tecnológicos das áreas hospitalar e universitária. Em 2017, o Laboratório de Bioengenharia (LabBio) foi inaugurado para melhor atender à esta demanda e envolver mais atores em busca do aproveitamento da tecnologia dual existente no ambiente do Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica (DCTA).

Inaugurado em janeiro de 2020, o Centro Espacial ITA (CEI) é um laboratório que surge com a missão de capacitar recursos humanos e realizar pesquisa e desenvolvimento no setor espacial no âmbito do Ministério da Defesa. Fruto de sete anos de desenvolvimento do ITA com órgãos superiores da FAB, o CEI, objetiva aumentar a autonomia na área de atividades aeroespaciais qualificando mão de obra especializada e buscando soluções mais adequadas à realidade nacional. O Centro firmou acordos com a National Aeronautics and Space Administration (NASA) e o Instituto de Tecnologia de Israel (Technion) para desenvolvimento de projetos, e prestar serviços relevantes de assessoria e desenvolvimento para as atividades aeroespaciais no âmbito das Forças Armadas Brasileiras.

ITA comemora 70 anos

No dia 22 de maio de 2020 o Instituto Tecnológico de Aeronáutica comemorou 70 anos de sua criação. Na cerimônia, realizada de forma parcimoniosa e com todos os cuidados em função da pandemia de COVID-19, o Reitor, Professor Doutor Anderson, em sua fala, lembrou a trajetória percorrida, os desafios enfrentados e a posição de destaque que o ITA conquistou ao longo de sete décadas de existência. “Seria difícil dizer qual década foi mais marcante, pois cada uma delas apresentou vários desenvolvimentos muito relevantes”.

No decorrer de seus 70 anos, o ITA vem construindo um significativo legado, inicialmente, na atividade aeronáutica, desdobrada nos tempos mais recentes em atividade aeroespacial e estendendo-se a outros setores como automotivo, educação, óleo&gás, infraestrutura aeroportuária, manufatura avançada, segurança cibernética, bioengenharia, dentre outros. Junto às demais organizações do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial veem demonstrando que o sonho de Alberto Santos Dumont, catalisado pela visão do Marechal Casimiro Montenegro Filho e representado pela figura empreendedora de Ozires Silva, estava certo. A capacidade de o homem voar move um conjunto de realizações que possuem a propriedade de impulsionar a sociedade humana a voos cada vez mais altos.

ICAF > uma experiência de cooperação nacional e internacional

Carlos Eduardo Chaves > Embraer S.A.

Poucas pessoas param para pensar, quando estão embarcando em um avião, sobre a imensa quantidade de trabalho de engenharia que há por trás desses incríveis aparelhos. Durante o desenvolvimento de uma aeronave, cada pequeno detalhe é levado em consideração e cada possível cenário é antecipado, seja por parte de um sistema mecânico, elétrico ou eletrônico, de um sistema de propulsão, do interior da aeronave, ou de sua estrutura, ou da junção entre eles. Por trás desse trabalho de engenharia, há um grande número de requisitos de certificação e de maturidade do produto que devem ser cumpridos e demonstrados com o máximo rigor durante o desenvolvimento da aeronave e ao longo de toda a sua operação.

Desde o ano de 1999 venho trabalhando com estruturas aeronáuticas, com análise estrutural e em particular

com as disciplinas de fadiga e tolerância a dano. Além do grande interesse por essas disciplinas, sempre tive interesse particular por inovação, desenvolvimento tecnológico e cooperação com a academia e centros de pesquisa. Como é bem sabido, nos tempos atuais dificilmente alguém resolve problemas complexos sozinho. A cooperação, mais do que bem-vinda, é necessária. E esse interesse por cooperação tem me levado a algumas iniciativas, dentre as quais a participação como delegado brasileiro no ICAF, tema sobre o qual gostaria de escrever neste artigo.

Na sequência do artigo, pretendo trazer um pouco do histórico de fadiga aeronáutica, explicar o que é o ICAF, qual tem sido o papel da ABCM perante o mesmo, e como a nossa participação como país membro do ICAF nos tem levado a um modelo bem interessante de cooperação.

Fadiga e Integridade Estrutural no Setor Aeronáutico

O problema de fadiga estrutural tem sido estudado desde os tempos de Leonardo da Vinci (Ref. 1). Ganhou grande importância após a Revolução Industrial, devido à quantidade de máquinas e veículos que passaram a ser criados e desenvolvidos durante aqueles tempos, e teve como um grande protagonista desse período um engenheiro alemão de nome August Wöhler (Ref. 1), a partir dos idos de 1850.

Com respeito à fadiga em estruturas aeronáuticas, fabricadas em sua maioria com alumínio, embora tenha havido vários problemas de fadiga desde que os primórdios da aviação, foi a partir da década de 50, com os acidentes das (Ref. 2), que o assunto ganhou grande importância. Os britânicos Comets foram as primeiras aeronaves comerciais a jato e de cabine pressurizada a serem desenvolvidos, e a reação a dois acidentes fatais com Comets no ano de 1954 levou a um grande impulso na evolução das filosofias de projeto estrutural com foco em fadiga e propagação de trincas em aeronaves e ao desenvolvimento de requisitos necessários a fim de garantir a integridade estrutural das mesmas durante sua operação. Além disso, esses acidentes levaram ao desenvolvimento de ensaios de fadiga em escala real (“full-scale fatigue test”) e a um grande avanço nos métodos de investigação aeronáutica, duas práticas que vem sendo seguidas até os dias de hoje em moldes semelhantes aos daquela época.

Da década de 50 até hoje, as filosofias de projeto evoluíram de um conceito de vida segura (“safe life”), para falha segura (“fail safe”) e depois para a filosofia de tolerância a dano (“damage tolerance”). As características do projeto decorrente dessas filosofias (que na prática não são excludentes uma da outra) podem ser identificadas em inúmeras partes e componentes de um avião. Por exemplo, estruturas aeronáuticas, embora extremamente otimizadas, trazem um elevado grau de redundância, característica inerente à filosofia de falha segura. Já uma das principais evoluções trazidas pela filosofia de tolerância a dano a partir da década de 70 foi a introdução de inspeções estruturais periódicas no plano de manutenção ao longo de todo o período em que a aeronave está em operação, a fim de que qualquer ocorrência na estrutura seja identificada com antecipação através dessas inspeções estruturais.

Mais recentemente, motivada por um acidente ocorrido em uma aeronave B-737 da Aloha Airlines na década de 80 (Ref. 3) mais uma vez houve uma evolução nos requisitos de fadiga e tolerância a dano, com a introdução dos tópicos WFD e LOV, ambos

associados ao fenômeno de fadiga em estruturas envelhecidas, ou seja, sujeitas a carregamentos cíclicos por longos períodos de tempo. WFD significa “widespread fatigue damage” e LOV significa “limit of validity” ou, em outras palavras, o limite de validade dos dados de engenharia para os quais a aeronave foi projetada e deverá operar com segurança.

Todo esse trabalho de cumprimento com os requisitos associados às filosofias acima expostas, junto com uma evolução constante no desenvolvimento tecnológico para o setor de aviação, tem levado a um ganho crescente de segurança para as estruturas aeronáuticas. Hoje, o número de acidentes aeronáuticos por ano tem se reduzido de forma significativa e consistente, graças a um trabalho coordenado e bem sucedido que vem sendo realizado pelos fabricantes, operadores e agências reguladoras, e da mesma maneira os acidentes ou incidentes de natureza estrutural correspondem a uma parcela cada vez menor.

Uma pergunta que tenho ouvido com frequência ao longo dos anos é a respeito de materiais compósitos. A preocupação com respeito à fadiga e tolerância a dano existe para estruturas que trazem esses materiais? A resposta é sim. Embora o projeto dessas estruturas seja muitas vezes diferente das estruturas feitas com materiais metálicos e os mecanismos de dano para as mesmas também sejam diferentes, a integridade estrutural é assegurada para estruturas em compósitos através de filosofias muitas vezes inspiradas pelas estruturas de alumínio e outros metais. E naturalmente há muito desenvolvimento tecnológico em andamento no que tange às estruturas em compósitos, que trazem novos desafios como a anisotropia do material e particularidades com respeito aos diversos processos de fabricação.

Daqui para frente inúmeras novidades estão por vir na área de estruturas e materiais aeronáuticos. Novos materiais? Certamente virão. Novos processos de manufatura? Também virão. Um bom exemplo é a manufatura aditiva (MA), que também veio para ficar, mas vai requerer muita pesquisa até que se chegue ao nível de prontidão tecnológica (TRL, ou “Technology Readiness Level”) necessário e se busque aplicações de engenharia baseadas em MA que conduzam aos níveis de segurança requeridos para o produto aeronáutico. Já do lado das inspeções, há uma frente de desenvolvimento tecnológico bem interessante referente ao monitoramento da “saúde” da estrutura (SHM, ou “Structural Health Monitoring”) que também tem se demonstrado promissora, e junto com a qual outras tecnologias como redes neurais e

inteligência artificial devem avançar. Mais do que isso, a interação entre a estrutura e os demais sistemas da aeronave tende a ser cada vez maior. Estruturas metálicas, não metálicas e híbridas deverão sempre buscar as melhores características estruturais a fim de garantir níveis de qualidade e segurança sempre crescentes. Haverão inúmeras oportunidades, assim como inúmeros desafios, ao longo dos próximos anos.

O que é o ICAF

Após essa breve passagem no tempo, que procurei nos dar um panorama da disciplina “fadiga aeronáutica” ao longo dessas últimas décadas, voltamos ao ICAF.

ICAF é uma abreviação para “International Committee on Aeronautical Fatigue and Structural Integrity”. Esse comitê foi criado em 1951 por um professor holandês de nome Frederik J. Plantema, na minha opinião um visionário, uma vez que os notórios acidentes com os Comets ocorreriam alguns anos depois da criação do comitê.

Os objetivos desse comitê desde o início eram claros: dividir experiências a fim de aumentar a segurança em voo, permitir discussões mais aprofundadas sobre a tecnologia e promover cooperação internacional. Durante os primeiros anos o ICAF reuniu apenas países europeus, mas ao longo do tempo outras nações, como os Estados Unidos, Austrália, Israel foram se unindo ao comitê. A partir de 1959, foram estabelecidos encontros bienais em países-sede. Esses encontros bienais evoluíram para um modelo de Conferência de dois dias e um Simpósio com três dias de duração. Durante a Conferência, cada país, através de um representante (ou delegado) apresenta um resumo das principais atividades de pesquisa e desenvolvimento que foram realizadas por aquele país durante aquele período. Já no Simpósio são apresentados com mais profundidade trabalhos selecionados não só dos países membros, mas de qualquer parte do mundo. O ICAF é uma organização independente, sem financiamento próprio, e os países membros são responsáveis pela organização desses eventos. Vem reunindo profissionais da academia, da indústria, institutos de pesquisa, órgãos civis e militares e agências reguladoras (como o FAA e a ANAC).

Durante cada encontro são realizadas duas premiações de reconhecimento, seguidas de apresentações-chave por parte dos recipientes dos prêmios. A primeira premiação, conhecida como “Plantema Medal”, é oferecida a um profissional de grande destaque nas áreas de fadiga e integridade

estrutural ao longo de sua carreira. A segunda é o chamado o prêmio “Jaap Schijve”, patrocinado pelo NLR (da Holanda), para jovens que durante os últimos anos (normalmente em programas de doutoramento) desenvolveram uma pesquisa de cunho e relevância nessa área, e no qual além de uma estatueta o contemplado recebe um cheque de 5 mil euros como prêmio.

Informações gerais sobre o ICAF (sua missão, sua história, os países membros, os delegados atuais, os prêmios) e documentos, particularmente os relatórios (“national reviews”) dos últimos anos estão disponíveis no site do ICAF, que foi inaugurado durante um evento virtual realizado em julho deste ano. O endereço do mesmo é www.icafe.aero. O evento presencial previsto para este ano foi adiado e deverá ocorrer em 2023, na cidade de X'ian, na China.

A participação no ICAF como delegado brasileiro

Minha primeira participação em um evento do ICAF foi em 2005. Nessa época a indústria aeronáutica estava experimentando um grande avanço em termos de novos projetos. Cita-se como exemplo a Airbus, com o Programa A-380, o maior avião comercial construído até hoje, e que incorporava vários materiais, processos e tecnologias inovadoras. Foi quando constatei que de fato aquele evento trazia uma série de benefícios para profissionais da área, reunindo inúmeros professores, cientistas e engenheiros de primeira linha.

Em outras ocasiões, eu ouvia pessoas (normalmente estrangeiros) perguntarem sobre por que o Brasil não fazia parte do ICAF. Inclusive o secretário do ICAF na época, um engenheiro sueco chamado Anders Blom, havia demonstrado interesse em convidar o Brasil a se tornar um país membro, em reconhecimento à relevância do nosso país no ramo de aviação. Isso se repetiu em 2013, quando tive mais uma vez a oportunidade de participar de um evento do ICAF, e quando me convenci que essa oportunidade estava batendo à nossa porta.

Aqui voltamos às palavras-chave mencionadas anteriormente, ou seja, grande interesse pela tecnologia e desejo de cooperação em um contexto nacional e internacional. Eu sabia o que teria que ser feito, e acreditava que no Brasil havia material suficiente para ser apresentado (embora confesso que fui surpreendido positivamente, como será mostrado logo adiante). Entretanto faltava um viabilizador. Qual seria a entidade que poderia oferecer o apoio necessário para que essa iniciativa fosse levada adiante? Foi quando um colega na empresa sugeriu

a ABCM. Eu já era membro do Comitê de Fadiga, Fratura e Integridade Estrutural da ABCM, e o período de planejamento para o ingresso no ICAF coincidiu com uma visita fortuita do presidente da ABCM na época, Professor Sérgio Viçosa Möller, à empresa. O Professor Möller nos explicou que a ABCM tem como parte de sua missão apoiar a engenharia brasileira no contexto de cooperação internacional, e a partir daí, após alguns formalismos necessários, começamos a preparar o primeiro relatório.

Porém, para que o Brasil se tornasse de fato um país membro seriam necessárias as apresentações do relatório de atividades durante dois períodos consecutivos, o que aconteceu em 2015 e em 2017. No ano de 2017, o Brasil passou então ao status de país membro, junto com a China e a Rússia (a título de curiosidade, a China criou uma delegação oficial com 27 pessoas). Desde 2015 já foram submetidos quatro “national reviews”, o último este ano, ainda que não houvesse o evento físico.

Com respeito às contribuições que constam nos relatórios, a Figura 1 mostra o número de contribuições recebidas por diversas organizações nacionais e até por algumas internacionais (por exemplo, trabalhos realizados por alunos brasileiros no exterior, por alunos estrangeiros no Brasil ou atividades realizadas em parceria com organizações de outros países). No gráfico da esquerda, a linha azul traz as contribuições que foram recebidas, a linha vermelha traz o número

de trabalhos selecionados e adicionados ao relatório, e a linha preta mostra os que foram apresentados durante as Conferências, que é ainda menor em face às limitações de tempo para as apresentações. Não houve apresentação em 2021, razão pela qual no gráfico essa linha está descontinuada após 2019.

Além disso, os gráficos à direita na figura mostram, dentre as contribuições incluídas nos relatórios, a proporção de contribuições referentes a estruturas e materiais metálicos, estruturas e materiais compósitos, estruturas híbridas (metal-compósito) e SHM.

Na leitura dos quatro relatórios, que constam no site acima mencionado, é possível conhecer com mais detalhe os trabalhos que foram incluídos, assim como seus autores e as organizações a que pertencem. Todos os trabalhos incluídos em cada relatório foram adicionados ao índice de referências, a menos de algumas contribuições da indústria que não possuem referências associadas. Nas últimas edições, praticamente todos os trabalhos incluídos no relatório são trabalhos de pesquisa publicados em revistas de alto impacto. Os autores, muitos dos quais serão citados mais adiante, sempre demonstraram uma predisposição em colaborar, o que é uma parte essencial nesse processo que ocorre a cada dois anos. Afinal de contas, a qualidade dos relatórios e a continuidade da delegação depende deles. Na minha visão, eles formam, junto comigo, a delegação brasileira no ICAF.

Esse “network” que tem sido criado ao longo dos anos permitiu que tivéssemos uma visão geral sobre o que está sendo feito por quem no Brasil com respeito à fadiga aeronáutica. Descobri que havia pesquisas em andamento sobre temas muito relevantes. Um bom exemplo são as atividades referentes a “fretting fatigue”, desenvolvidas na UnB. De certa forma, foi possível mapear qual o expertise de vários grupos de pesquisa, muitos deles de universidades de grande prestígio. Há grupos com grande expertise em propriedades de materiais metálicos, outros em processos, outros em ensaios com componentes estruturais. Outros grupos vêm desenvolvendo trabalhos sobre estruturas inteligentes e SHM. Da mesma forma, para materiais compósitos, há grupos desenvolvendo trabalhos extremamente interessantes, e em várias escalas.

Um passo adiante seria estreitar esse ambiente de colaboração de forma que todos pudessem buscar linhas de pesquisa que atendessem os interesses tecnológicos nacionais nessa disciplina, de olho nas tendências e na evolução da tecnologia. Claro que isso demandaria tempo e muito mais trabalho, mas fico me perguntando se os 27 membros da delegação acima citada não estariam fazendo algo nessas linhas. É questão de saber aonde se quer chegar.

No contexto geral, a elaboração desses relatórios é um trabalho que tem sido realizado por todos nós de maneira voluntária. Mas os resultados têm sido, sem dúvida, muito positivos, e o fato de poder mostrar ao mundo através do comitê as atividades científicas e tecnológicas que o Brasil vem realizando nos campos

de fadiga aeronáutica é gratificante. Por isso acredito que a experiência do ICAF pode vir a servir como um modelo de cooperação nacional e internacional também para outras tecnologias.

A Medalha Von Kármán (ICAS 2018)

Logo após o ingresso do Brasil como país membro do ICAF em 2017, fomos informados que o ICAF havia sido contemplado com a medalha Von Kármán por cooperação internacional em aeronáutica, e que a mesma seria entregue durante o ICAS 2018 (Comitê Internacional de Ciências Aeronáuticas) durante evento a ser realizado, pela primeira vez na América do Sul, em Belo Horizonte, evento organizado pela ABCM.

O propósito desse prêmio, conforme descrito pelo ICAS, é “o reconhecimento de uma conquista excepcional em cooperação internacional no campo de aeronáutica, sendo o mesmo entregue a um projeto ou um programa no qual dois ou mais países são participantes, e que é caracterizado por uma conquista técnica substancial e por um avanço científico ou tecnológico ou benefício para a sociedade”.

Foram selecionados para fazer a apresentação o secretário atual do ICAF, Marcel Bos, e dois ex-secretários, além de mim, que tive a oportunidade de representar os três países que haviam se juntado ao Comitê no ano anterior. O momento em que o time recebeu a premiação é mostrado na Figura 2, enquanto a medalha Von Kármán concedida ao ICAF é mostrada com mais detalhe na Figura 3.

contribuições > ICAF

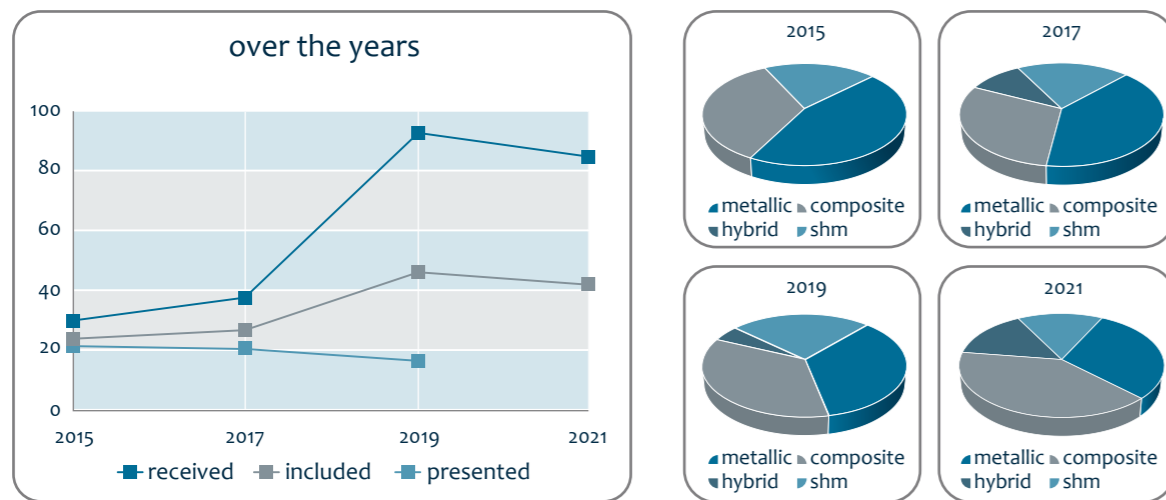


Figura 1: Evolução das contribuições (em número de artigos) para o ICAF ao longo dos anos, e distribuição por assunto (metálicos, compósitos, híbridos e SHM).

Figura 2: Recebimento da Medalha Von Karman durante o ICAS 2018, em Belo Horizonte. Da esquerda para a direita, David Simpson (secretário do ICAF de 1999 a 2005, Suzan Ying, presidente do ICAS na ocasião, Marcel Bos, o atual secretário do ICAF, Anders Blom, secretário do ICAF de 2005 a 2017, eu como representante dos países ingressantes e Dimitri Mavris, vice-presidente do ICAS).





Figura 3: A medalha Von Kármán em destaque - ICAS 2018.

Considerações Finais e Agradecimentos

Como exposto, enquanto houve uma grande evolução do projeto aeronáutico no que tange à fadiga e tolerância a dano, as estruturas e materiais aeronáuticos tendem a evoluir cada vez mais, e ao que tudo indica essa disciplina continuará a trazer novas oportunidades de desenvolvimento ao longo das próximas décadas.

A participação do Brasil como país membro do ICAF a partir de 2017 nos deu uma oportunidade de conhecer e mapear inúmeras atividades de pesquisa e desenvolvimento que vem sendo realizadas no nosso país, e de construir uma rede de colaboração que envolve a academia, centros de pesquisa e a indústria.

Gostaria de manifestar meus sinceros agradecimentos à ABCM, cujo papel tem sido fundamental desde o começo, uma vez que se trata de uma representação brasileira em um comitê internacional. Além disso, como foi dito cada entidade que vem contribuindo com a elaboração dos relatórios tem um papel chave para o sucesso de nossa delegação no ICAF. Dessa forma, gostaria de agradecer a diversos colegas pelos excelentes trabalhos que foram adicionados aos últimos quatro relatórios. Inicialmente, gostaria

de manifestar meus sinceros agradecimentos aos professores Mariano Arbelo, Maurício Donadon e Flávio Bussamra, do Departamento de Engenharia Aeronáutica do ITA, aos professores Volnei Tita, Waldek Bose Filho e Sérgio Proença, da Escola de Engenharia de São Carlos. Também agradeço muito aos professores Leonardo Godefroid, da UFOP, Carlos Baptista, da USP Campus de Lorena, Guilherme Ferreira Gomes e Antonio Ancelotti, da UNIFEI, André Carvalho, da UEPG, José Alexander Araújo, da UnB, Thomas Clarke, da UFRGS, Sérgio Amâncio, da Universidade de Graz, na Áustria, aos pesquisadores Jorge dos Santos, do HZG, da Alemanha e Milton Lima, do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), e aos colegas do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Também sou muito grato ao engenheiro Fernando Ferreira Fernandez, da Embrapii, pelo seu constante entusiasmo e apoio ao longo desse processo, e aos engenheiros Caio Assunção, Luciano Pedrote e Giorgia Aleixo, da Embraer.

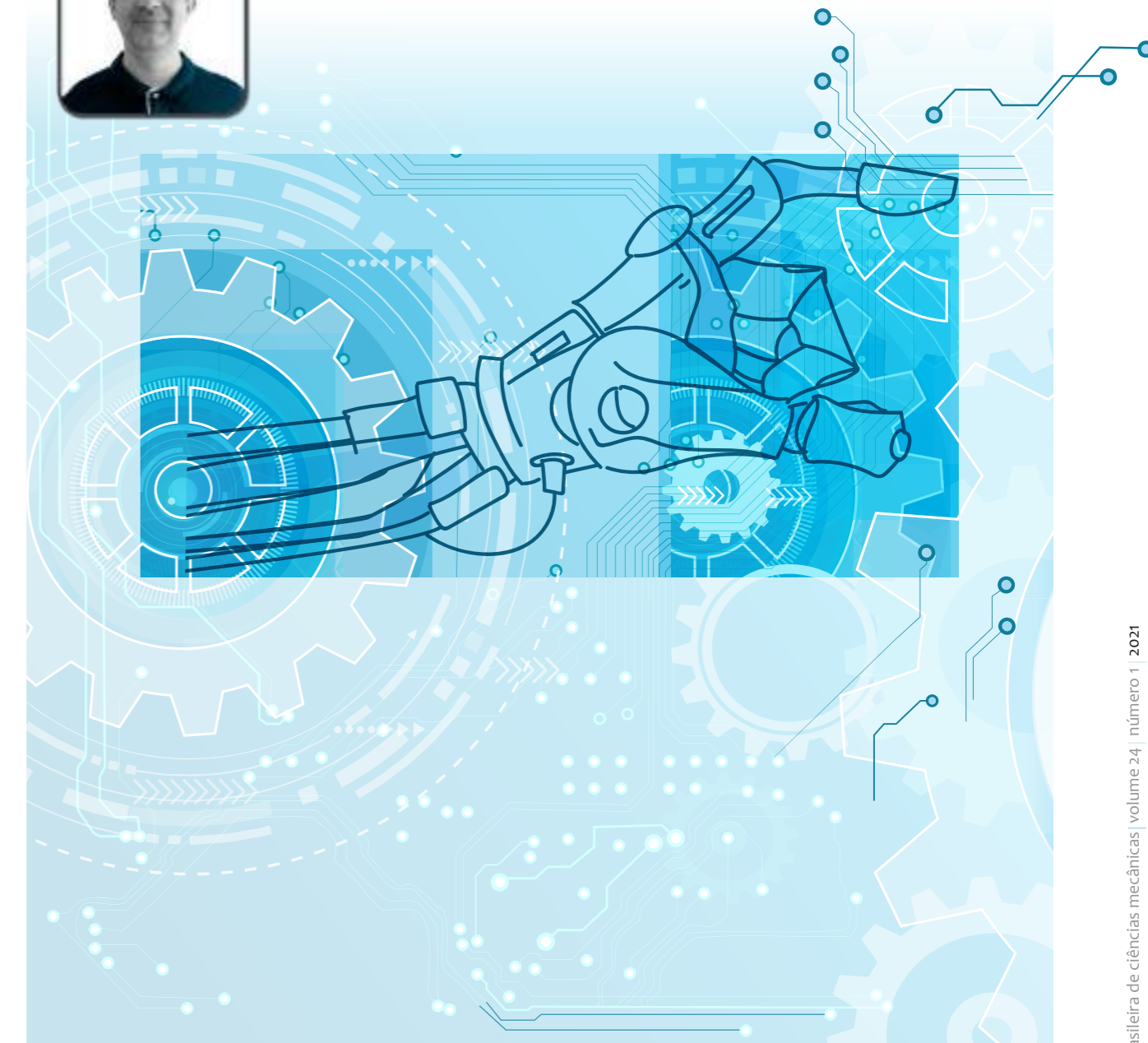
Finalmente, faço votos para que esse modelo de colaboração continue se fortalecendo e que nossa participação no comitê perdure por vários anos daqui para frente.

Referências

1. Timoshenko, S. P., History of Strength of Materials, Dover Publications Inc., 1982
2. https://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=3&CategoryID=7&LLID=28
3. https://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=3&CategoryID=7&LLID=20

Robôs para Sociedade

Rogério Sales Gonçalves > UFU



Os robôs causam um grande fascínio nos seres humanos principalmente em função dos filmes de ficção científica que mostram robôs das mais variadas formas possíveis a favor ou contra a humanidade. Apesar de toda dramaticidade e romantização por trás da imaginação humana pelos robôs estes estão presentes na nossa vida real em escala crescente.

Antes limitados a aplicações dentro de fábricas, os robôs, associados também a inteligência artificial, estão cada vez mais inseridos no nosso cotidiano. Estes são utilizados nas mais variadas aplicações desde a fabricação e embalagem de alimentos, carros e celulares chegando até a aviões.

Dentro das nossas residências os robôs estão sendo utilizados de forma crescente como o caso dos robôs aspiradores. A inteligência artificial também está invadindo nossas casas com a automatização de diversas atividades como abertura de janelas, acionamento de equipamentos eletrodomésticos e outros.

Mas o que são robôs? De forma simplificada são máquinas compostas por segmentos/peças articuladas que podem movimentar-se através de atuadores para posições desejadas a partir de um controlador programável para realizar as mais variadas tarefas.

Dentre as tarefas possíveis para os robôs, estes estão sendo estudados e desenvolvidos também para interagir com os seres humanos diretamente sejam como robôs cuidadores, na medicina, para reabilitação do corpo humano ou mesmo como robôs humanoides/afetivos.

Os robôs cuidadores estão sendo desenvolvidos para realizarem atividades de assistência principalmente na rotina de pessoas idosas, em função do envelhecimento da população mundial.

Os robôs humanoides estão sendo estudados para diversas aplicações sempre com o sonho de termos máquinas muito semelhantes aos seres humanos. Uma iniciativa internacional para o desenvolvimento de robôs humanoides é a RoboCup com o objetivo principal de desenvolver um time de robôs humanoides capazes de jogar uma partida de futebol contra humanos (<http://www.robocup.org.br/wp/>).

Outra vertente de utilização dos robôs é na reabilitação do corpo humano. Esta área é fascinante pois une as necessidades e conhecimentos da medicina com as ferramentas de engenharia em prol dos seres humanos. Neste artigo iremos falar destes robôs.

Reabilitação na fisioterapia diz respeito ao ato de preservar, manter, desenvolver ou restaurar funções prejudicadas por doenças ou eventos traumáticos com o objetivo de melhorar tanto a saúde psicológica como física dos pacientes.

Diversos são os fatores que podem levar a necessidade de fisioterapia como lesões cerebrais por trauma ou distúrbios neurológicos, acidente vascular cerebral, cirurgias, doenças cardíacas ou respiratórias entre outras.

Na atualidade tem-se que o Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade entre adultos em todo o mundo e deixa um número significativo de pessoas com déficits motores e cognitivos. A consequência mais frequente desta lesão cerebral é a perda ou debilidade dos movimentos do corpo humano como dos membros superiores e inferiores.

Um dos objetivos da reabilitação do membro superior após um AVC é permitir que uma pessoa utilize ambas as mãos em atividades da vida diária. Já o objetivo principal da reabilitação do membro inferior está relacionado a melhoria da capacidade de locomover-se do paciente.

Ao contrário do que se acreditava, o cérebro é capaz de aprender continuamente durante toda vida. A recuperação funcional de pacientes com AVC é baseada no mecanismo de plasticidade neural e requer uma exposição aumentada aos movimentos desejados (alta intensidade/repetição) (ALIA et al., 2017).

Após o AVC, o cérebro passa por vários estágios de recuperação, onde o sistema nervoso central pode reorganizar os circuitos neurais (neuroplasticidade), tanto espontaneamente quanto com a ajuda de reabilitação (AURIAT et al., 2015).

A neuroplasticidade é definida como a capacidade do sistema nervoso de se reestruturar (como consequência da aprendizagem e estimulação) formando novos caminhos/conexões para que outra parte do cérebro assuma a função da parte danificada (CRAMER et al., 2011).

Estudos indicam que é importante que os pacientes pós-AVC tenham treinamento de alta dosagem e orientado para tarefas repetitivas. A terapia robótica é capaz de preencher estes dois requisitos (ZHENG et al., 2019).

O treinamento de reabilitação é a maneira mais eficaz de reduzir as deficiências motoras em pacientes com AVC e os robôs podem ser adequados para essa finalidade, já que podem treinar pacientes por longos períodos com precisão.

Diferentes tipos de robôs estão sendo estudados para a reabilitação, como robôs industriais, exoesqueletos e robôs atuado por cabos.

Os robôs industriais, por vezes utilizados na reabilitação, geralmente têm estruturas rígidas, várias questões de segurança devem ser consideradas ao aplicá-los à reabilitação. Os exoesqueletos para reabilitação podem enfrentar uma enorme variabilidade de formas e dimensões dos membros humanos dificultando os ajustes.

Devido a estas dificuldades as estruturas robóticas atuadas por cabos podem ser uma alternativa viável para aplicações na área de reabilitação. Estas estruturas consistem em uma plataforma móvel, ligada por um ou mais cabos que possuem comprimentos variáveis em relação a uma plataforma fixa. Um manipulador com cabos pode mover a plataforma móvel alterando os comprimentos dos cabos e evitando que fiquem sem tensão. Estas estruturas têm características que podem torná-las adequadas para fins de reabilitação como: grande espaço de trabalho, transportabilidade, flexibilidade, possibilidade de reconfiguração, baixo peso e maior conforto para o paciente, pois estes já estão acostumados com terapias que utilizam cordas.

Assim, os robôs atuado por cabos podem ser uma maneira eficiente de aumentar a intensidade do treinamento de reabilitação do AVC (treinamento mais longo e mais frequente) em clínicas de reabilitação, leitos hospitalares ou mesmo na casa de pacientes.

Além disso, esses sistemas podem ser acoplados a jogos sérios e/ou simuladores de realidade virtual, aprimorando a fisioterapia convencional, pois podem registrar dados cinemáticos do paciente (tempo de exercício, velocidade de pico e velocidade média do movimento, etc.), fornecendo uma medida objetiva da recuperação motora dos pacientes durante as intervenções robóticas, se adequando aos objetivos da medicina baseada em evidências.

Estes dados podem permitir uma melhor avaliação do progresso do paciente e com o uso de técnicas de inteligência artificial podem-se buscar padrões não identificados facilmente somente pela visualização dos resultados.

Jogos Sérios aplicados a Reabilitação

Videogames tornaram-se parte permanente da sociedade, consolidando-se como um dos maiores mercados culturais da atualidade. A estabilidade deste mercado abre possibilidades para importantes inovações e experimentos que trazem contribuições para além do entretenimento.

Recentemente, popularizou-se também a incorporação de características de jogos em programas educacionais, controle de processos e gerenciamento de atividades. Este processo ficou conhecido como “gamificação”, e estudos demonstram que ela contribui positivamente de forma cognitiva, motivacional e comportamental para o aprendizado (SAILER e HOMNER, 2020).

Buscando ampliar a possibilidades de ganhos promovidos por videogames, há um grupo específico de jogos desenvolvidos para propósitos terapêuticos, denominados “jogos sérios”. O uso de jogos eletrônicos combinados com o processo de reabilitação assistida por estruturas robóticas vem se consolidado nos últimos anos, de forma que a maioria das estruturas disponíveis possuem integração com algum tipo de jogo para acompanhar as sessões de treinamento.

Dentro dos “jogos sérios”, há conceitos bem estabelecidos que auxiliam o desenvolvimento de jogos que contribuem efetivamente para ampliar os resultados do tratamento de pacientes. Alguns destes conceitos são: área de aplicação, tecnologia de interação, interface do jogo, número de jogadores, gênero do jogo, adaptabilidade e assistência ativa (REGO et al., 2010).

Há um ponto em comum observado tanto no desenvolvimento de jogos sérios quanto no desenvolvimento de estruturas de reabilitação: a necessidade de adaptar-se ao comportamento do jogador/paciente. A adaptabilidade e a customização são fatores importantes para a consolidação de efeitos positivos dos jogos sérios. Assim como estudos demonstram que a adaptação das ações das estruturas robóticas de reabilitação tem impacto positivo no tratamento de pacientes (ALVES et al., 2019).

Existem diversos grupos de pesquisa no Brasil trabalhando com o desenvolvimento de robôs para serem aplicados na reabilitação do corpo humano. Entre estes irei descrever algumas das iniciativas em desenvolvimento no Laboratório de Automação e Robótica (LAR) da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

No LAR estamos desenvolvendo diversos equipamentos/robôs para reabilitação do corpo humano e neste artigo irei descrever brevemente estruturas para reabilitação dos membros superiores e inferiores.

Estrutura Robótica para Reabilitação do Membro Superior

Esta estrutura robótica paralela atuada por cabos, [Figura 1](#), está sendo desenvolvida para reabilitação de pessoas com problemas de movimentação do membro superior. Esta estrutura permite a realização dos movimentos de reabilitação/recuperação do membro superior permitindo diferentes velocidades e limites de operação.

O desenvolvimento deste dispositivo robótico tem como justificativas a grande quantidade de pessoas com problemas no membro superior. Estes problemas têm como principais causas o AVC, poliomielite, artrose, recuperação de acidentes, além de poder ser aplicado em movimentos fisioterápicos de recuperação e em atletas olímpicos e paralímpicos.

Os movimentos de reabilitação podem ser classificados como unilaterais, quando fazem o uso apenas da parte afetada (lado parético), bilaterais, quando fazem o uso de ambos os lados do corpo ou bimanual, tipo específico de movimento bilateral no qual há uso das duas mãos simultaneamente de

forma acoplada. Tarefas bimanuais são difíceis de serem executadas por pessoas que tiveram AVC.

A maioria das terapias de reabilitação, convencional ou assistida por tecnologia, concentra-se no membro mais afetado, negligenciando atividades bimanuais essenciais para vida cotidiana. Os movimentos bilaterais são predominantemente envolvidos em atividades da vida diária. Assim, a terapia bilateral pode trazer melhor transferência de habilidades dos treinamentos para a vida diária.

Nesta estrutura é utilizada a técnica “*learning from demonstration*” para o controle desta, o que significa que o equipamento será operado em duas fases distintas sendo elas a fase “*learning*”, quando ocorre a aquisição dos dados de posição e velocidade através dos encoders com o auxílio das células de carga para o posicionamento, e a etapa “*demonstration*”, quando os controladores utilizam os dados coletados para reproduzir o movimento na estrutura. Junto com esta técnica de controle tem-se implementado o sistema de controle de impedância na estrutura. O controle de impedância denominado também como “*assisted as needed*” permite auxiliar o paciente somente quando necessário.

protótipo



Figura 1: Robô atuado por cabos para reabilitação dos membros superiores.

O jogo sério MineCart, [Figura 2](#), foi concebido para ser utilizado com o dispositivo robótico na configuração bimanual. O MineCart segue as características de um jogo com controle por movimento/realidade virtual, no qual um pequeno vagão deve ser movimentado para direita/esquerda para pegar cristais que caem do teto em uma caverna de mineração. Este jogo utiliza como entrada os movimentos de rotação bimanuais (horário/anti-horário), [Figura 1](#), realizados

pelo usuário no guidão do dispositivo.

Para o movimento do dispositivo bimanual no jogo MineCart é utilizada uma estratégia de assistir quando necessário wem conjunto a uma restrição que impede que o paciente concentre seus esforços no lado não-parético, isto é, para movimentar o vagão é necessária a movimentação sincronizada de ambos os braços.



Figura 2: Interface gráfica do jogo sério MineCart.

Outro jogo sério desenvolvido é o Round Pizza que segue as características de um jogo com controle por movimento/realidade virtual, onde um cortador é movimentado em um plano a fim de cortar a massa de pizza da maneira “mais redonda possível”, utilizando como entrada os movimentos do usuário (para cima/baixo e esquerda/direita) no

efetivador/alça de forma a realizar um movimento circular, [Figura 3](#). O “tamanho” da pizza também pode ser aumentando/diminuído gerando diferentes níveis de dificuldade. A evolução do paciente pode ser acompanhada comparando o círculo ideal com o padrão do círculo “desenhado” em cada sessão.



Figura 3: Jogo sério Round Pizza.

Reabilitação da Mão Humana.

O objetivo específico desta linha de pesquisa do LAR é o desenvolvimento e construção de estruturas robóticas para reabilitação de pessoas com problemas de movimentação da mão/dedos e com lesões no punho. As estruturas em desenvolvimento permitem a realização dos movimentos de reabilitação/recuperação da mão/

punho permitindo diferentes velocidades e limites de operação.

A [Figura 4](#) apresenta uma estrutura robótica com um grau de liberdade, de baixo custo, para reabilitação do punho humano. Esta estrutura é acoplada a jogos sérios para motivar o paciente

a realizar o máximo de movimento. Um dos problemas de pacientes que tiveram AVC é a espasticidade. Esta é uma condição caracterizada pelo aumento involuntário da contração muscular, por exemplo, da articulação do punho.

No jogo sério desenvolvido o paciente tem que controlar os movimentos de uma plataforma, levando as bolas azuis ou vermelhas para a cor correspondente da cesta.



Figura 4: Dispositivo para reabilitação do punho humano.

Reabilitação do Membro Inferior

O equipamento apresentado neste item permite a simulação dos movimentos do membro inferior possibilitando a alteração dos limites de movimentação e a variação da velocidade dos exercícios de reabilitação/recuperação. Este protótipo utiliza-se de cabos para permitir a movimentação, Figura 5.

O desenvolvimento deste dispositivo robótico tem como justificativa a grande quantidade de pessoas com problemas nos membros inferiores. Estes problemas têm como principais causas o AVC, poliomielite, artrose, traumas, entre outros.

A estrutura pode ser aplicada em movimentos fisioterápicos de recuperação em pacientes que sofreram algum dos problemas citados, e também

em atletas paralímpicos para ganho de força e aprimorar a execução de movimento. Além de poder ajudar na recuperação dos pacientes, o uso desta estrutura permitirá melhorar as condições de trabalho do profissional da saúde, bem como aumentar o conforto/segurança do paciente e profissional

Os jogos sérios desenvolvidos em conjunto com esta estrutura podem ser utilizados no modo ativo do paciente, quando este tem a capacidade de movimentação do membro lesionado, ou no modo passivo, quando o paciente não tem os movimentos do membro e a estrutura robótica faz a movimentação do membro tentando restabelecer as conexões nervosas “perdidas” a partir da capacidade de neuroplasticidade do cérebro.

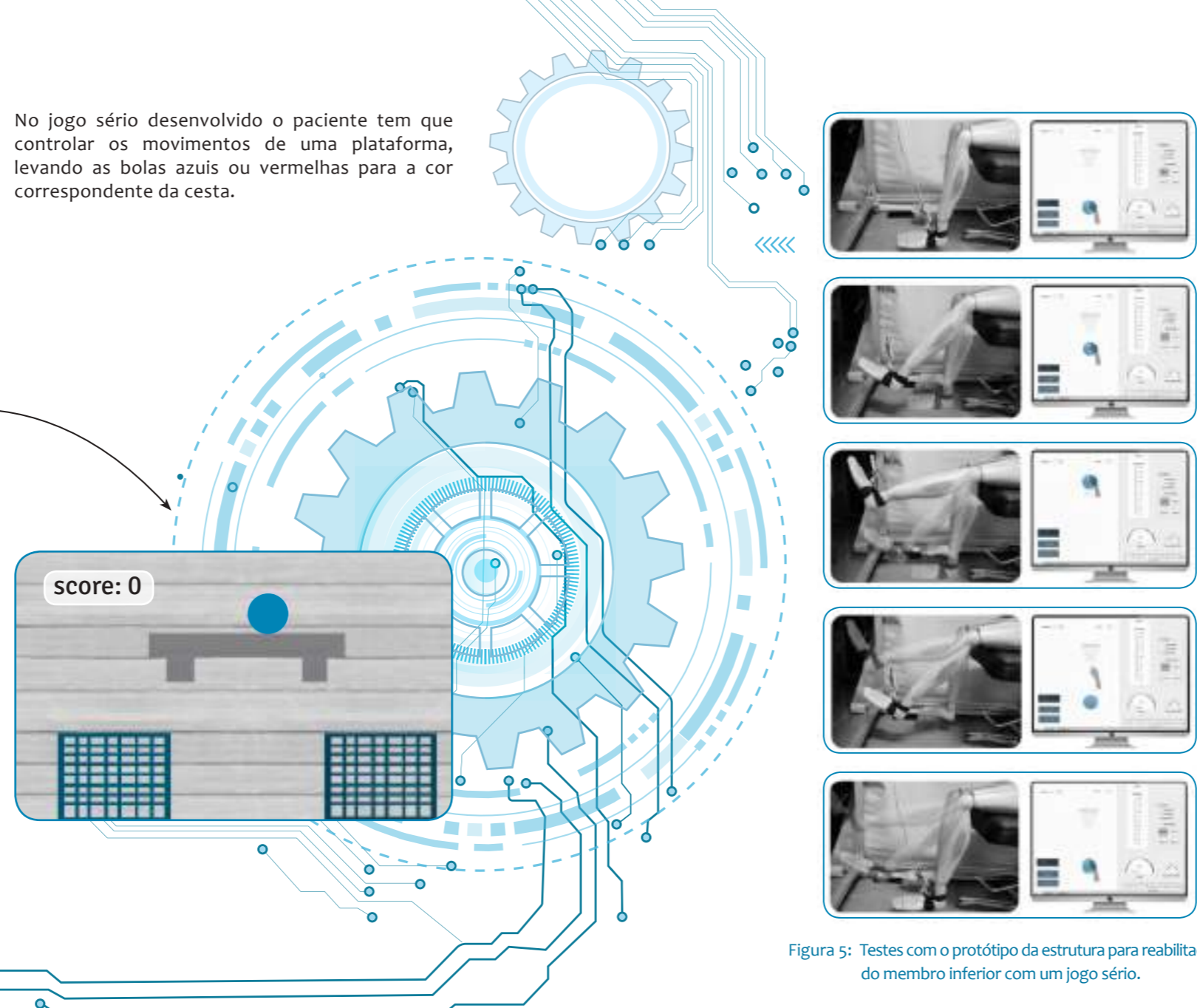


Figura 5: Testes com o protótipo da estrutura para reabilitação do membro inferior com um jogo sério.

Conclusões

O desenvolvimento de robôs/equipamentos para reabilitação do corpo humano no Brasil ainda está na sua infância. Os robôs comerciais para reabilitação podem facilmente custar mais de R\$250 mil, limitando-se a sua aquisição a poucos hospitais e clínicas no país.

Para aqueles que estão começando o desenvolvimento de equipamentos para reabilitação, estes devem ter em mente que o processo é demorado levando-se em torno de dez anos para chegar em testes com pacientes e com equipamentos em nível comercial.

Destaca-se também a necessidade de certificações e autorizações para a utilização destes robôs nas clínicas e hospitais. Desta forma os equipamentos

devem prezar pela segurança, usabilidade, conforto ergonômico e também serem agradáveis em termos estéticos.

Devo destacar também que estamos trabalhando no desenvolvimento de ferramentas robóticas para otimizar o serviço de médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais dentre outros. Estas ferramentas irão atuar em conjunto e sob a supervisão destes profissionais complementando a reabilitação convencional e NÃO substituindo estes.

Apesar do longo caminho para o desenvolvimento destes equipamentos, o sorriso dos pacientes e a satisfação de saber que estes podem ter melhorias na sua qualidade de vida é muito gratificante e podemos ter a oportunidade de estarmos desenvolvendo robôs para sociedade.

Referências

ALIA, Claudia; SPALLETI, Cristina; LAI, Stefano; et al. Neuroplastic Changes Following Brain Ischemia and their Contribution to Stroke Recovery: Novel Approaches in Neurorehabilitation. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, vol. 11, n. March, p. 1-22, 2017.

AURIAT, Angela M.; NEVA, Jason L.; PETERS, Sue; et al. A review of transcranial magnetic stimulation and multimodal neuroimaging to characterize post-stroke neuroplasticity. *Frontiers in Neurology*, vol. 6, n. OCT, p. 1-20, 2015.

CRAMER, S. C., Sur, M., DOBKIN, B. H., O'BRIEN, C., SANGER, T. D., Trojanowski, J. Q., Vinogradov, S. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*, 134(6), 1591-1609.

ZHENG, QING-XIANG; GE, Li; WANG, CAROL Chun-Feng; Et Al. Robot-Assisted Therapy for Balance Function Rehabilitation After Stroke: A Systematic Review And Meta-Analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 2019.

SAILER, Michael e HOMNER, Lisa. The Gamification of Learning: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, v. 32, n. 1, p. 77-112, 2020.

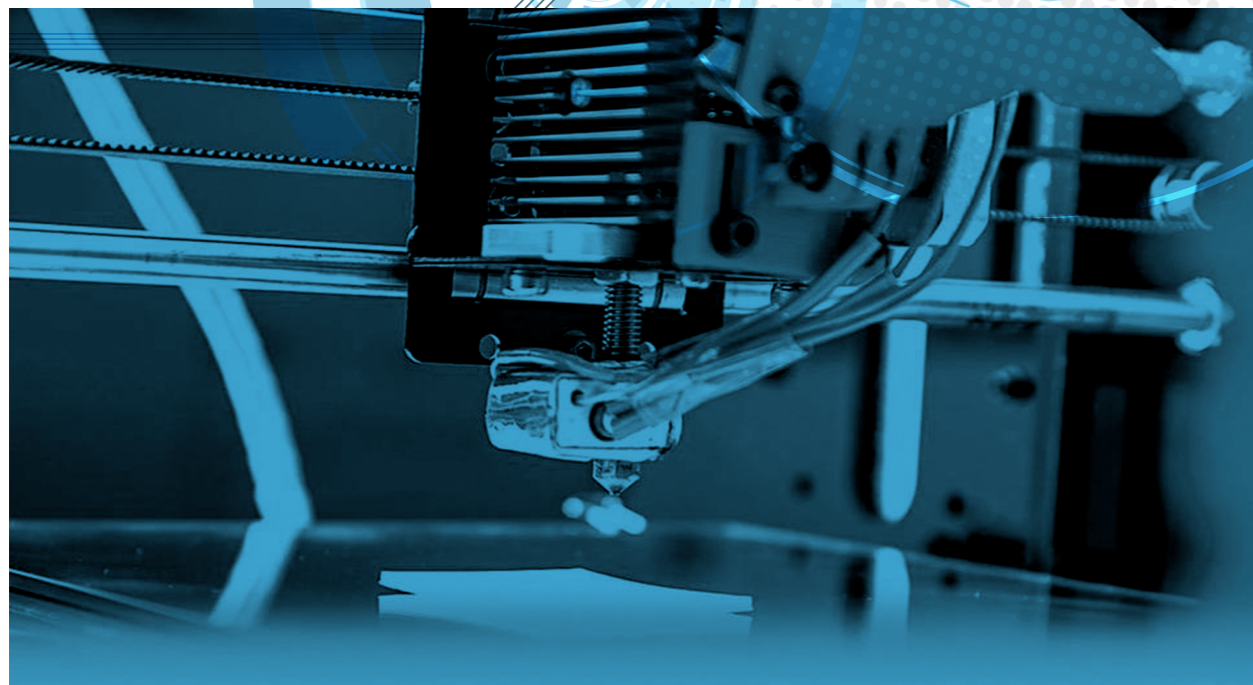
REGO, Paula e MOREIRA, Pedro Miguel e REIS, Luís Paulo. Serious Games for Rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. *Proceedings of the 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2010*, n. July, p. 0-6, 2010.

ALVES, Thiago e CHAVES D'CARVALHO, Matheus e GONÇALVES, Rogério Sales. Assist-as-needed control in a cable-actuated robot for human joints rehabilitation. *Journal of Mechanical Engineering and Biomechanics*, v. 3, n. 5, p. 57-62, 2019.

Manufatura Aditiva na Fabricação Final

Neri Volpato

Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental | NUFER
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | UTFPR



Resumo

A afirmação que a Manufatura Aditiva (AM) é uma ferramenta essencial para a inovação e que agrega valor à empresa ganha cada vez mais força no setor produtivo. O papel e os benefícios da AM como ferramenta de prototipagem já estão bastante consolidados. No entanto, a sua aplicação como processo de fabricação final ainda é um desafio distante em muitos casos. Para avançar neste cenário, é importante considerar que novas liberdades e restrições devem guiar o projeto de produtos para AM. Este artigo objetiva explorar alguns destes pontos, buscando contribuir no sentido de entender e ponderar sobre vários aspectos a serem observados quando se considera a AM como processo de produção final.

1. Introdução

Entender os conceitos básicos e as aplicações já bastante consolidadas da Manufatura Aditiva (AM - Additive Manufacturing) é fundamental para o time responsável pelo desenvolvimento de produtos, uma vez que esta é uma ferramenta essencial para a inovação, que é vital para a sobrevivência das empresas.

AAM, ou Impressão 3D, é um processo de fabricação por adição sucessiva de camadas de material utilizando dados obtidos diretamente de um modelo geométrico tridimensional do componente a ser produzido. Como existem diferentes princípios de adição de materiais, a norma ISO/ASTM 52900:2015 (E) agrupou as várias tecnologias em 7 categorias, sendo estas denominadas de: Extrusão de Material, Fotopolimerização em Cuba, Jateamento de Aglutinante, Jateamento de Material, Adição de Lâminas, Fusão de Leito de Pó e Deposição com Energia Direcionada (Figura 1). Mais detalhes sobre cada princípio podem ser obtidos na literatura

(ISO/ASTM, 2015; Volpato, 2017).

O grau de maturidade destes princípios (e respectivas tecnologias de mercado) pode variar de acordo com a fonte consultada ou da aplicação pretendida. A empresa Gartner identificou um padrão entre o surgimento e amadurecimento de uma tecnologia e criou uma representação gráfica dos estágios do ciclo de vida denominada de Hype Cycle (da concepção a maturidade). A Figura 2 apresenta um retrato de 2018 da AM, feito por esta empresa, onde coloca que alguns princípios ainda têm um percurso a seguir para serem adotados de forma generalizada pelas empresas. A posição de cada princípio, além de desatualizada, é discutível, pois pode variar com as diferentes tecnologias AM disponíveis e com a aplicação desejada. Mas, uma forma interessante de interpretar este gráfico, é em relação à percepção geral de cada profissional de engenharia quanto a utilização da AM, ou seja, em que estágio deste ciclo cada um se encontra.

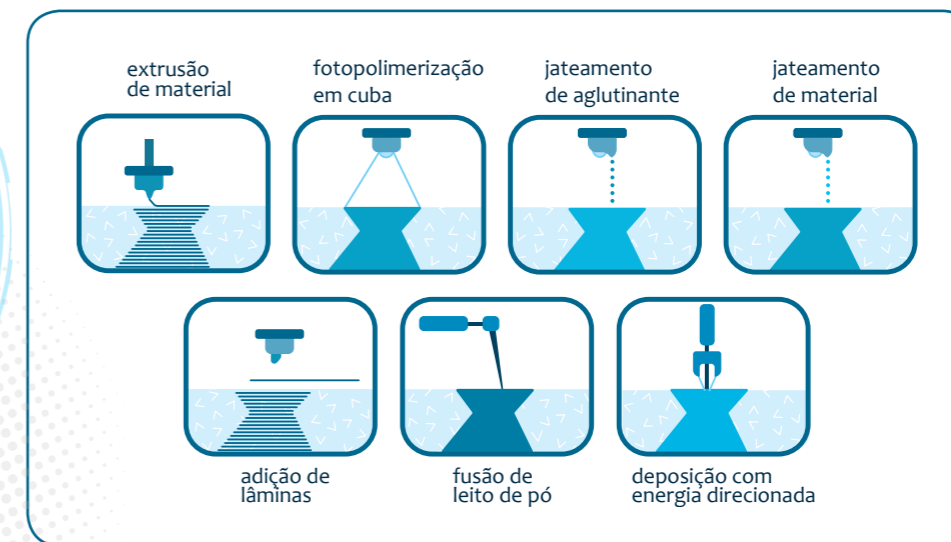


Figura 1: Classificação da AM em 7 categorias (princípios de adição) de acordo com a ISO/ASTM 52900:2015(E).

Não é difícil de imaginar que, ao entrar em contato pela primeira vez com a AM (pela mídia, por exemplo), pode-se elevar demasiadamente as expectativas, a ponto de achar que tudo será impresso no futuro. Ao iniciar um contato mais efetivo e comparar aos métodos tradicionais é possível se desiludir por vários aspectos, como pelos materiais disponíveis e

sua qualidade, precisão dimensional, etc. É nesta fase que se corre o risco de negligenciar ou até abandonar a mesma. No entanto, ao persistir e entender melhor as características e o real potencial das várias tecnologias, aos poucos o profissional começará a identificar exatamente em que casos estas trarão benefícios para as suas atividades. A velocidade com

que se adquire este entendimento vai variar muito de caso para caso e também com a aplicação almejada. Desta forma, não é difícil concluir que é mais rápido

identificar o potencial da AM como ferramenta de apoio à prototipagem do que no seu emprego para ferramental ou como processo de fabricação final.

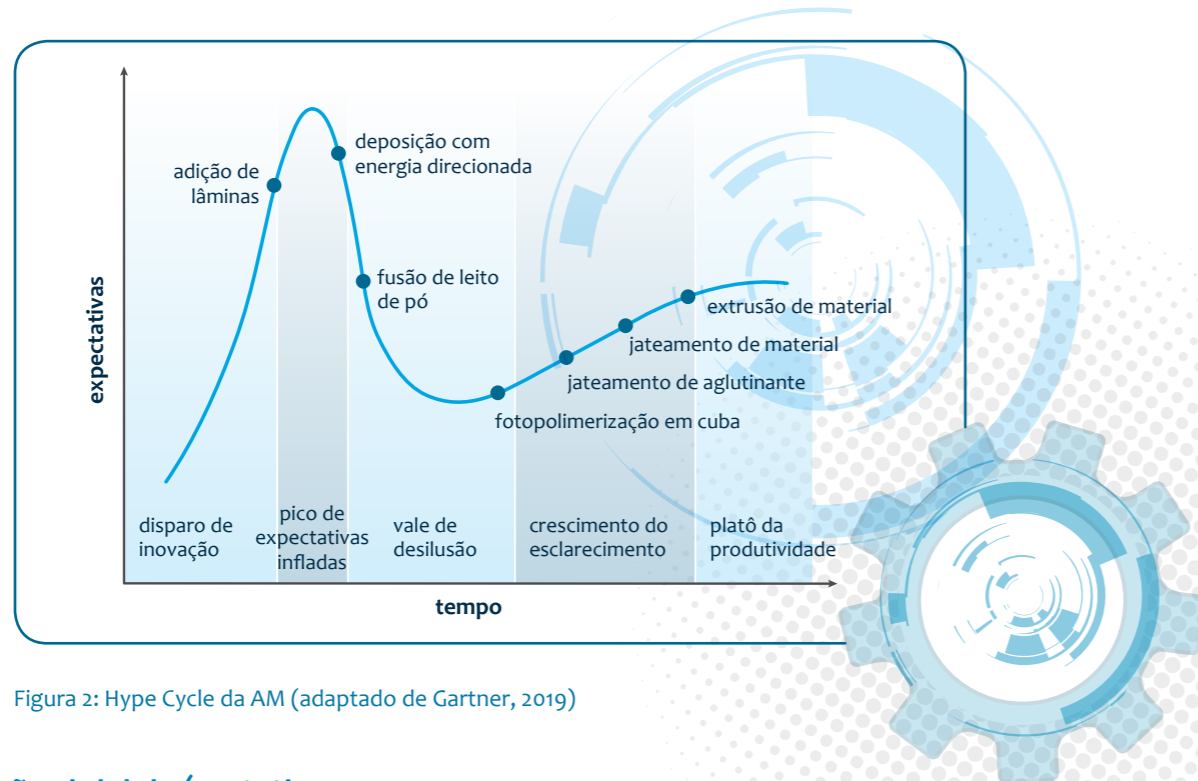


Figura 2: Hype Cycle da AM (adaptado de Gartner, 2019)

2. Aplicações iniciais (prototipagem, ferramental, outros)

A AM tem sido utilizada por mais de 30 anos na prototipagem, auxiliando nas várias fases do processo de desenvolvimento de produto (PDP). Uma das suas principais contribuições neste campo foi facilitar e acelerar a obtenção de protótipos físicos. A utilização de protótipos físicos oferece várias vantagens, entre elas a detecção antecipada de erros, otimização pelo teste de várias alternativas, facilidade de comunicação entre time multidisciplinar, entre outras (Costa et al, 2017).

Outra aplicação identificada logo de início no PDP foi na fabricação de ferramental (modelo mestre, molde-protótipo de baixa tiragem, dispositivos auxiliares, etc.). Esta aplicação vem crescendo pari passu com o aumento da qualidade das tecnologias e materiais disponíveis e merece atenção especial das empresas. Também de grande importância tem sido a contribuição na área da saúde, seja na produção de biomodelos, órteses, guias cirúrgicas ou ferramental para obtenção de próteses implantáveis. Mais informações sobre a AM nestas aplicações podem ser encontradas em Volpato (2017).

Em função da grande liberdade geométrica oferecida e da rapidez em passar do modelo digital para o

componente físico, a AM pode ser considerada como um poderoso processo de fabricação. Sendo assim, desde o seu surgimento já se cogitava que esta poderia atuar também na produção final. Hopkinson e Dickens (2001) compararam o custo equivalente de se fabricar um componente de plástico por Estereolitografia (fotopolimerização em cuba) e por injeção de plástico, e concluíram que, após ajustes no processo, o número de peças chegou a 27000 unidades. Atzeni et al. (2010) realizaram estudo semelhante com um suporte de lâmpada fluorescente e compararam o custo entre peça de plástico moldada por injeção e fabricada por Sinterização Seletiva a Laser (SLS, fusão de leito de pó). Concluíram que o custo equivalente foi atingido com 87000 peças para um equipamento específico (P390-EOS). Os autores destacaram que um terço do custo do componente era atribuído ao material na fabricação por AM, enquanto o restante era devido ao custo do equipamento e demais custos de operação.

Uma constatação simples destes estudos é que, abaixo do custo equivalente, a AM pode ser considerada como processo de fabricação final. No entanto, além deste indicador, vários outros aspectos devem ser observados para esta decisão.

3. Considerações gerais sobre a fabricação final

A aplicação direta da AM na fabricação final apresenta novas oportunidades e cenários na manufatura, com grande potencial para agregar valor aos produtos e componentes, tornando-os mais eficientes, mais leves, mais ergonômicos, etc.

3.1 Potenciais

Liberdade geométrica

Quando se fala em AM, uma das primeiras características ressaltadas é a grande liberdade geométrica oferecida aos designers e projetistas, para explorar formas que, normalmente, eram inviáveis ou impossíveis de serem obtidas. Exemplos deste potencial são o emprego de estruturas leves com relação ótima entre peso e resistência, material celular, otimização topológica ou design generativo. Estruturas biomiméticas também são possíveis, onde se copia as formas otimizadas pela natureza, além da liberdade de estilo em geral. A consolidação de vários componentes de uma montagem em uma única peça, resultando em uma geometria difícil ou impossível de ser fabricada tradicionalmente, também decorre da liberdade geométrica. Em particular, a inclusão de canais de refrigeração conformais em ferramental só foi possível com a AM.

Manufatura de pequenos lotes

A conclusão mais completa dos estudos relatados na seção anterior, é que, considerando que a tecnologia AM analisada atende aos requisitos de qualidade e propriedades do material, esta deve ser considerada como uma opção para a fabricação final de lotes pequenos. Neste sentido, quanto menor a previsão de produção, mais vantajosa é a AM em relação aos processos tradicionais, uma vez que o custo para produzir uma ou centenas de peças é, praticamente, o mesmo.

O fato de ter uma produção sem ferramental (tool-less production) é um aspecto que pesa muito a favor da AM. Além da questão custo, a produção sem ferramental implica em grande liberdade de alterar rapidamente o projeto. Neste cenário, correções e/ou otimização de função ou ainda de design, são facilitadas e, uma vez alterado o modelo geométrico 3D, a produção do novo componente pode ser iniciada.

Outro aspecto da não dependência de ferramental é a possibilidade de produzir os componentes próximos dos clientes, reduzindo custos de logística

de distribuição. A AM pode simplificar a cadeia de suprimentos, especialmente quando um processo de importação ou exportação é necessário para o produto chegar ao cliente.

Mesmos em setores tradicionais, de alta produção, existem fases do ciclo de vida do produto que vão exigir produção de uma baixa quantidade de peças. Por exemplo, após descontinuada a produção de determinado produto, existe a necessidade de fornecimento de peças de reposição (legacy spare parts). Nestes casos, a armazenagem digital pode ser vista como uma verdadeira revolução oferecida pela impressão 3D, pois as peças poderão ser produzidas sob demanda. Isso elimina a necessidade de estoques físicos e também os custos para manter o ferramental após cessada a produção. Pode-se então trabalhar com estoque mínimo (ou zero em alguns casos) para atender a esta demanda, que inclusive vai reduzindo com o passar do tempo. A ideia de se adotar estoque zero ou mínimo pode ser aplicada não somente em peças descontinuadas, mas no caso de produção em pequenos lotes em geral, reduzindo custos de inventários. A produção sob demanda reduz a necessidade de investimento prévio em produção na expectativa de demanda futura.

Por este conjunto de aspectos, não é exagero afirmar que a AM vem se consolidando como um processo de fabricação disruptivo na produção de pequenos lotes.

Sustentabilidade do Ciclo de Vida dos Produtos

A AM pode impactar em vários aspectos relacionados a sustentabilidade de um produto. No comentário acima sobre peças de reposição de produtos descontinuados, está implícito que tal produto poderá permanecer em funcionamento por mais tempo, prolongando a obsolescência e o descarte. A redução de material para se produzir um componente é também colocada como um dos impactos positivos da AM, quando comparado a um processo de remoção. Isto porque esta adiciona somente a quantidade de material referente ao volume requerido (peça mais estruturas de suporte, quando necessárias).

Além do menor impacto durante a fabricação, pode-se ter resultados positivos durante toda a vida do componente. Este é o caso, por exemplo, de peças de aeronaves projetadas com estruturas mais leves, que reduzem o consumo de combustíveis e, conseqüente, as emissões decorrentes da operação. O projeto de componentes mais eficientes em função da liberdade geométrica pode também gerar um menor impacto ambiental. Este é o caso de um novo queimador

multi-fluidos mais eficiente, projetado pela empresa Euro-K GmbH (Euro-K, 2021).

A possibilidade de reparar peças desgastadas ou danificadas com tecnologias do tipo Deposição com Energia Direcionada, pode reduzir também o número de componentes descartados, uma vez que o seu reparo pode tornar-se viável economicamente. Por fim, a impressão 3D também permite utilizar matérias-primas recicladas, caso de alguns materiais poliméricos, contribuindo para a economia circular (Stratasys, 2019).

Personalização em massa

Diretamente ligada a liberdade geométrica e a produção de pequenos lotes está a possibilidade de se personalizar produtos. A AM é uma ferramenta poderosa para projetar produtos específicos para o usuário. A ergonomia pode ser aplicada a cada caso, o que é fundamental para órteses personalizadas, por exemplo, inclusive com a participação do usuário no design do produto. Funções específicas para um determinado componente ou produto (personalização funcional) também são possíveis, como por exemplo, os canais de refrigeração conformais em um molde de injeção ou trocadores de calor projetados especificamente para se encaixarem em certos produtos.

Um mercado em alta é a personalização estética, em que se procura atender as expectativas de um cliente em se diferenciar dos outros. Isso é possível, criando kits de personalização para produtos, onde o usuário monta sua configuração particular. Um exemplo neste sentido é o configurador digital oferecido pela BMW, para o cliente personalizar componentes estéticos do carro Mini, que são impressos, permitindo o usuário colocar a sua estampa no produto (Stratasys, 2019). A AM permite atender a este mercado reduzindo os custos operacionais da personalização.

Novas oportunidade de incorporar funcionalidades

Alguns novos conceitos que podem adicionar um diferencial para determinados produtos estão surgindo com a AM. Por exemplo, o voxel, que corresponde a dimensão de profundidade ou espessura de um pixel, pode ser estendido para o conceito de maxel (material + voxel). O maxel permite a indicação de um material, ou propriedade específica, no interior de um modelo geométrico 3D, permitindo mapear o volume interno da peça e, com isso, planejar as propriedades ou características de determinadas regiões. Além da indicação de cor e textura, os modelos podem conter multimateriais

e o planejamento de propriedades tipo dureza, porosidade, resistência a tração, etc. Surge assim, o conceito de Materiais com Gradação Funcional (FGM - Functionally Graded Materials) (Zhang et al., 2019). Tecnologias como a jateamento de material, fusão de leito de pó e deposição por energia direcionada são apropriados para FGM.

É possível também projetar materiais ou estruturas com características bastante peculiares, como por exemplo, com coeficiente de Poisson negativo, que permitem uma elevada energia de absorção e resistência a fratura. Complexas estruturas do tipo lattice (treliçada) com diferentes níveis de rigidez dentro do material podem ser projetadas e obtidas, para, por exemplo, absorver impactos de forma mais distribuída ou então permitir diferentes graus de flexibilidade ao longo de um mesmo componente. Estruturas porosas também podem ser projetadas controlando o tamanho de poros, conectividade e gradientes internos, e com isso, o fluxo de um fluido pelo seu interior (porosidade, tortuosidade e permeabilidade) (Shigueoka e Volpato, 2021).

Ainda em estágios iniciais de desenvolvimento estão os materiais que podem ser programados para, através de um estímulo externo (luz, calor, umidade, campo magnético), se deformarem e assumirem uma nova geometria. Alguns destes materiais são flexíveis e possuem memória de forma. As aplicações práticas estão se concentrando em sensores, mecanismos e atuadores sem necessidade de motores ou energia elétrica, entre outras. Esta área vem sendo denominada de Impressão 4D, onde a quarta dimensão é o tempo, quando o material é submetido ao estímulo externo (Alshahrani, 2021).

3.2 Características gerais

Não é possível aqui entrar nas várias tecnologias AM e destacar características relacionadas a custo, tempo de fabricação, materiais disponíveis, combinações de materiais, resistências, anisotropias, pós-processamento, precisão, entre outros que, para fabricação de produto final, precisam ser analisadas em detalhes. Para se iniciar nesta área é necessário um investimento inicial em formação técnica. Só assim, a análise das opções disponíveis pode ser feita com mais propriedades.

De uma forma geral, inicialmente é importante identificar os principais pontos que determinam o custo da AM. A quantidade de material usado para produção de um componente deve ser considerada como principal prioridade de projeto, ou seja, usar o mínimo. O custo da matéria-prima é elevado e a fabricação por adição de camadas é mais lenta do

que os processos tradicionais, assim, quanto menos material a ser processado, melhor.

Outro ponto relevante é que existe uma tendência inicial de pensar que a fabricação com AM é só apertar o “botão de imprimir”. Grande parte das tecnologias exige um planejamento de processo detalhado, incluindo as etapas de pós-processamento, que podem envolver remoção das estruturas de suporte, tratamento térmico, jateamento, usinagem, polimento, pintura, revestimento, etc. Em particular, chama-se a atenção para a necessidade de realizar usinagem de regiões funcionais de componentes que requerem acabamento e precisão. A AM pode então ser vista como um processo para obtenção de pré-forma (near net shape). Ressalta-se que o custo de pós-processamento de peças metálicas pode chegar a 1/3 do valor do componente, e a quase 1/4 no caso de peças poliméricas (Wohlers, 2015). Isso implica na necessidade de dar a devida atenção a esta etapa. O entendimento destes pontos é fundamental, uma vez que os custos da AM podem ser reduzidos por decisões de projeto.

4. Projeto para AM (DFAM)

Todo projeto possui embutido nos seus detalhes (features) as restrições dos meios de fabricação. Isso porque os componentes devem ser ajustados aos meios de fabricação disponíveis/escolhidos. No projeto para os meios de produção tradicional, existe uma ligação direta entre custo e a complexidade geométrica do componente. No caso de projeto para AM (DFAM), a preocupação é similar, mas as restrições geométricas são bem menores e a complexidade não afeta diretamente os custos.

Como as características de cada tecnologia AM vão influenciar no projeto do componente, deve-se então considerar o DFxx, onde xx significaria a tecnologia AM em questão (projeto para extrusão de material, projeto para fusão de leito de pó, etc.). As recomendações a seguir chamam a atenção para o fato de que DFAM é uma necessidade e não um luxo.

Alguns dos princípios gerais do DFAM são (baseados em Becker et al., 2005):

- Desconsiderar as restrições de projeto mecânico tradicionais;
- Desconsiderar a produção por meio de ferramental;
- Considerar as características e restrições específicas do processo de AM selecionado;
- Atentar para as limitações quanto aos materiais disponíveis para a tecnologia AM escolhida;
- Considerar a orientação de fabricação no projeto do componente;

- Tirar vantagem da liberdade geométrica oferecida pelas tecnologias AM (freeform, etc.) quando for interessante para melhorar o design ou eficiência do componente;
- Reduzir o número de componentes na montagem de um produto por meio da integração das funções. Isto reduz tempo e possíveis erros de montagem;
- Otimizar topologicamente o projeto para a máxima resistência e mínimo peso empregando quantidade mínima possível de matéria-prima;
- Utilizar estruturas celulares para redução de peso, materiais e ganho estrutural;
- Optar pela melhor solução de projeto combinando design e função, utilizando, por exemplo, regiões negativas (undercuts) e estruturas vazadas (hollow), se forem úteis.

Para peças metálicas, apesar de terem algum sombreamento com os princípios anteriores, as etapas de DFAM demonstram uma grande preocupação com as estruturas de suporte e com o pós-processamento (Diegel, 2019). Esta são:

- AM é o melhor processo para a peça em questão?
- A peça deve ser reduzida a somente aqueles detalhes (features) que tenham uma função;
- Não custa mais tornar o seu projeto/produto mais bonito e atraente (adicione detalhes úteis, logo, número de peças, etc.);
- Mantenha as espessuras constantes, evitando grandes massas de material. Isso é importante pois, embora não haja limitação, todo material adicional ou excedente aumenta custo, agrega pouco valor de engenharia e pode gerar estresse residual. Com isso, mais estruturas de suporte e tratamento térmico são necessárias;
- Se alguns detalhes (features) do componente estão separados, verifique como estes podem se unidos.
- Considere a orientação de impressão mais adequada aos requisitos de projeto do componente;
- Analise a quantidade de suporte necessária com software de planejamento de processo;
- Considere substituir as estruturas de suportes por detalhes permanentes;
- Considere alterar o ângulo dos detalhes (features) que requerem suporte;
- Arredonde todos os cantos da peça, pois cantos vivos causam concentração de estresse, que aumentam a necessidade de estruturas de suporte.
- Volte ao início e reanalise o projeto considerando novamente estes aspectos.

Exemplos de aplicação

Vários exemplos de produção de componentes finais com a AM estão sendo relatados. Por exemplo, recentemente, a Porsche anunciou um ganho de 30 CV no modelo 911 GT2 RS graças a pistões feitos por impressoras 3D. O jogo de seis pistões pesa 10% menos do que os forjados e cada pistão tem um duto de refrigeração integrado que não poderia ter sido produzido por métodos convencionais (Porsche, 2020). A equipe da GE Aviation desenvolveu e está fabricando peças impressas em 3D para o motor a jato mais potente do mundo, o GE9X, para o novo jato 777X da Boeing. O GE9X inclui apenas 7 (sete) peças impressas, mas que são o resultado

da combinação de mais de 300 peças de motor (GE Aviation, 2020).

Um exemplo simples de produto que foi projetado para ser impresso por extrusão de material é o suporte de parede para skate da Figura 3. O projeto considerou a orientação de fabricação e, assim, a geometria da haste de apoio das rodas foi ajustada para evitar a necessidade de utilizar estruturas de suporte. Além disso, houve a redução do volume de material empregado através da inserção dos rasgos (oblongos) na base e da escolha de um preenchimento interno não denso na fabricação (40%).

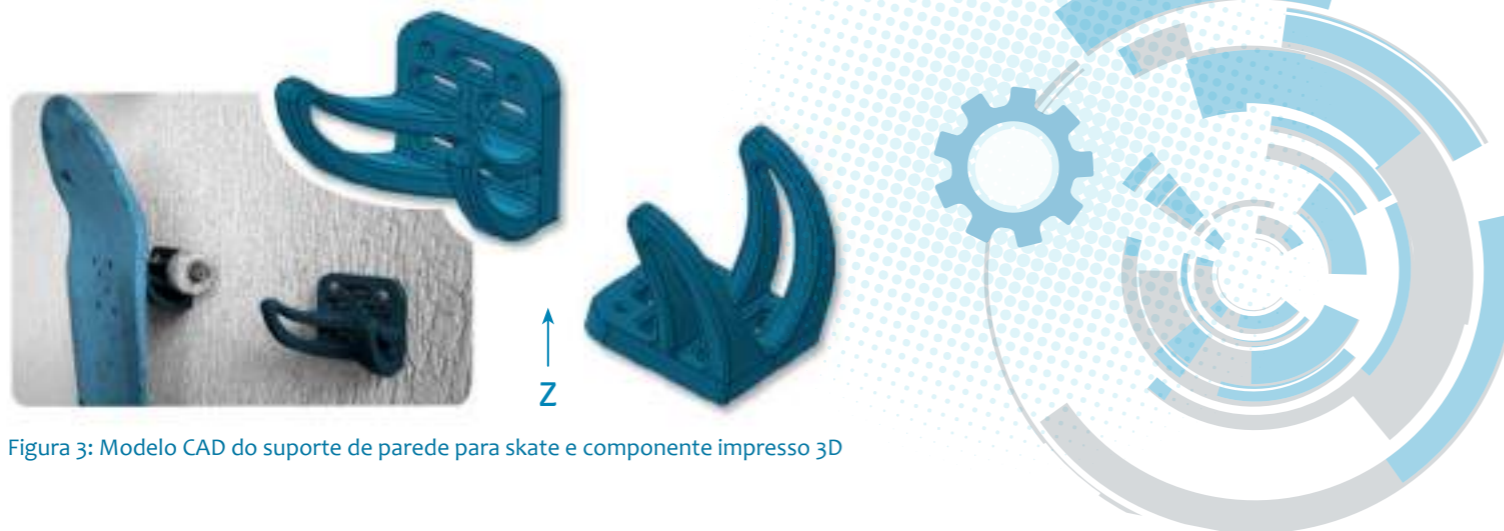


Figura 3: Modelo CAD do suporte de parede para skate e componente impresso 3D

Outro exemplo de aplicação da AM na produção final vem do Grupo Volvo Caminhões, onde em 2018 passou a imprimir um espaçador de engate de cabos elétricos, para o caminhão da linha F. Este modelo de caminhão possui um conversor de tensão para 12V destinado ao acoplamento de trailer que requer a montagem deste espaçador. Uma série de fatores levaram a esta decisão, entre eles o fato de requerer

lotes pequenos e serem altamente impactados pelo tempo de entrega, devido à logística (componente produzido fora do país). O componente é impresso em ABSplus P430 no equipamento Fortus 250mc (tecnologia de extrusão de material da Stratasys) com estrutura interna “celular”, obtida por um preenchimento não denso. Neste caso, a empresa decidiu manter o projeto original do componente.

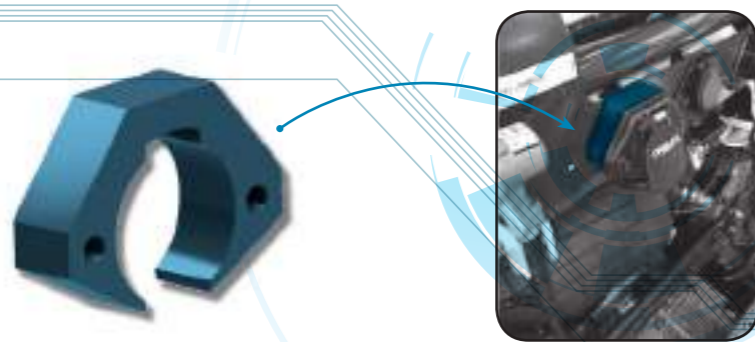


Figura 4: Modelo CAD da peça espaçador e peça montada no caminhão da linha F (cortesia Grupo Volvo)

5. Considerações Finais

O potencial de fabricação das tecnologias AM oferece enormes vantagens construtivas para certos produtos e representa um marco em termos de processos de manufatura. Assim, a AM vem se consolidando, cada vez mais, como um processo de fabricação. No entanto, esta não deve ser vista como substituta dos processos tradicionais, mas sim, como uma tecnologia complementar. A AM possui limitações em termos de material, resistência e acabamento superficial, outras, que devem ser consideradas. Entender as vantagens e limitações é crítico para empregar a AM da forma correta e mais efetiva. As instituições de ensino têm um papel importante neste sentido, atuando na informação e formação de pessoal técnico para acelerar o processo de adoção da AM.

Nem tudo deve ser impresso em 3D, visto que a AM é mais competitiva se adicionar valor ao produto. No entanto, para isso, é preciso projetar para AM. É fundamental estar atento e ciente das oportunidades oferecidas por este novo processo de manufatura. Não se deve construir as peças projetadas tradicionalmente com estas novas tecnologias, ou seja, é importante otimizar os componentes para serem fabricados por AM. De uma forma geral, pode-se afirmar que a AM é incrível, mas se você projetar para ela.

6. Referências

Alshahrani, H.A. Review of 4D printing materials and reinforced composites: Behaviors, applications and challenges. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 6, 2021, pp. 167-185.

Atzeni E., Iuliano, L., Minetola, P. and Salmi, A. Redesign and cost estimation of rapid manufactured plastic parts, *Rapid Prototyping Journal*, 16/5, 2010, pp. 308-317.

Becker, R., Grzesiak, A. and Henning, A. Rethink assembly design. *Assembly Automation*, n. 25/4, 2005, pp. 262-266.

Costa, C. A.; Luciano, M. A.; Volpato, N. Processo de desenvolvimento de produto auxiliado pela AM. In: Volpato, N. (Org.). *Manufatura Aditiva: Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2017, pp. 45-68.

Diegel, O. Design for AM - the key to industrializing additive manufacturing. *Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium (SFF)*, 2019.

Euro-K GmbH, 2021 (Disponível em: <http://euro-k.de/index.php/en/startseite>).

Gartner, Hype cycle for 3d printing, 2019 (Disponível em: <https://www.gartner.com/en/documents/3947508-hype-cycle-for-3d-printing-2019>).

GE Aviation, 2020 (Disponível em: <https://www.ge.com/news/reports/the-next-generation-this-team-of-young-engineers-helped-bring-3d-printing->

[inside-the-worlds-largest-jet-engine](https://newsroom.porsche.com/en/2020/technology/porsche-cooperation-mahle-trumpf-pistons-3d-printer-power-efficiency-911-gt2-rs-21462.html)).

Hopkinson, N. and Dickens, P. Rapid prototyping for direct manufacture, *Rapid Prototyping Journal*, V. 7, N. 4, 2001, pp. 197-202.

ISO/ASTM 52900:2015(E), Standard Terminology for Additive Manufacturing - General Principles - Terminology, ISO/ASTM International, 2016.

Porsche, 2020 (Disponível em: <https://newsroom.porsche.com/en/2020/technology/porsche-cooperation-mahle-trumpf-pistons-3d-printer-power-efficiency-911-gt2-rs-21462.html>).

Shigueoka, M. O.; Volpato, N. Expanding manufacturing strategies to advance in porous media planning with material extrusion additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, v. 38, 2021.

Stratasys, *The Little Blue Book of 3D Printing*, Blueprint, 2019.

Volpato, N. (Organizador). *Manufatura Aditiva: Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2017, 400p.

Wohlers Report 2015 - 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry. *Annual Worldwide Progress Report*, Wohlers Associates, Inc. 2015.

Zhang, C., et al. Additive manufacturing of functionally graded materials: A review. *Materials Science & Engineering: A*, v. 764, 2019.

o trabalho: economia e física 1780 | 1830

Parte 5: o trabalho e o valor: homens e máquinas

Autor: François Vatin

Tradução: Agamenon R. E. Oliveira

Resta-nos ao final deste percurso propor alguns esclarecimentos mais sintéticos sobre este conjunto de textos, e de recolocá-los na perspectiva da história do pensamento. Nosso propósito se reportará principalmente às ciências humanas. Tal é nossa competência, e é a tomada de posição deste livro. Nós não desprezaremos de todo a importância propriamente física da teoria do trabalho, que conclui a mecânica clássica e a obra do pensamento termodinâmico. Mas esta questão não é nosso objeto principal; ela tem por outro lado sido tratada pelos epistemólogos da física¹.

Nós não podemos, contudo, ignorar totalmente a “revolução científica” que representa o surgimento da termodinâmica e o modo como as coisas estão ligadas. De Lavoisier e Coulomb a Hirn, Helmholtz e Mayer, uma das primeiras “máquinas” termodinâmicas estudadas é o próprio homem, e a teoria termodinâmica se elabora então a partir do estudo fisiológico dele e de sua capacidade de desenvolver “trabalho”, tanto no sentido físico como no sentido ordinário do termo. Por outro lado, mesmo podendo os estudar como o lugar do processo estritamente físico, as máquinas não ultrapassarão jamais as suas origens e suas finalidades humanas e econômicas, donde provavelmente a convivência estreita notada por numerosos autores entre a termodinâmica, que foi de início uma ciência da máquina antes de ser uma ciência do universo físico, e a economia.

A história cruzada das ciências físicas e socioeconômicas desses dois últimos séculos mostra assim um curioso vai-e-vem, que não tem talvez sido suficientemente valorizado pelos epistemólogos e que nosso estudo ilustra. À origem dos discursos

científicos, nós encontramos frequentemente questões pragmáticas relativas ao homem e seus produtos; a termodinâmica é um exemplo. O trabalho teórico posterior de abstração e de generalização tende a fazer desaparecer esta dimensão original, humanista e utilitária, do saber científico, que reintroduzimos *a posteriori* com a ideia, um pouco perniciosa, da “aplicação tecnológica.”

Paradoxalmente então, a noção de “ciência aplicada” permite ocultar o caráter originalmente bem prático dos *corpora* científicos; a relação entre ciências físicas e ciências humanas é então pensada somente nas margens do saber, em uma reflexão sobre o uso “social” do conhecimento ou as condições “sociais” de sua produção.

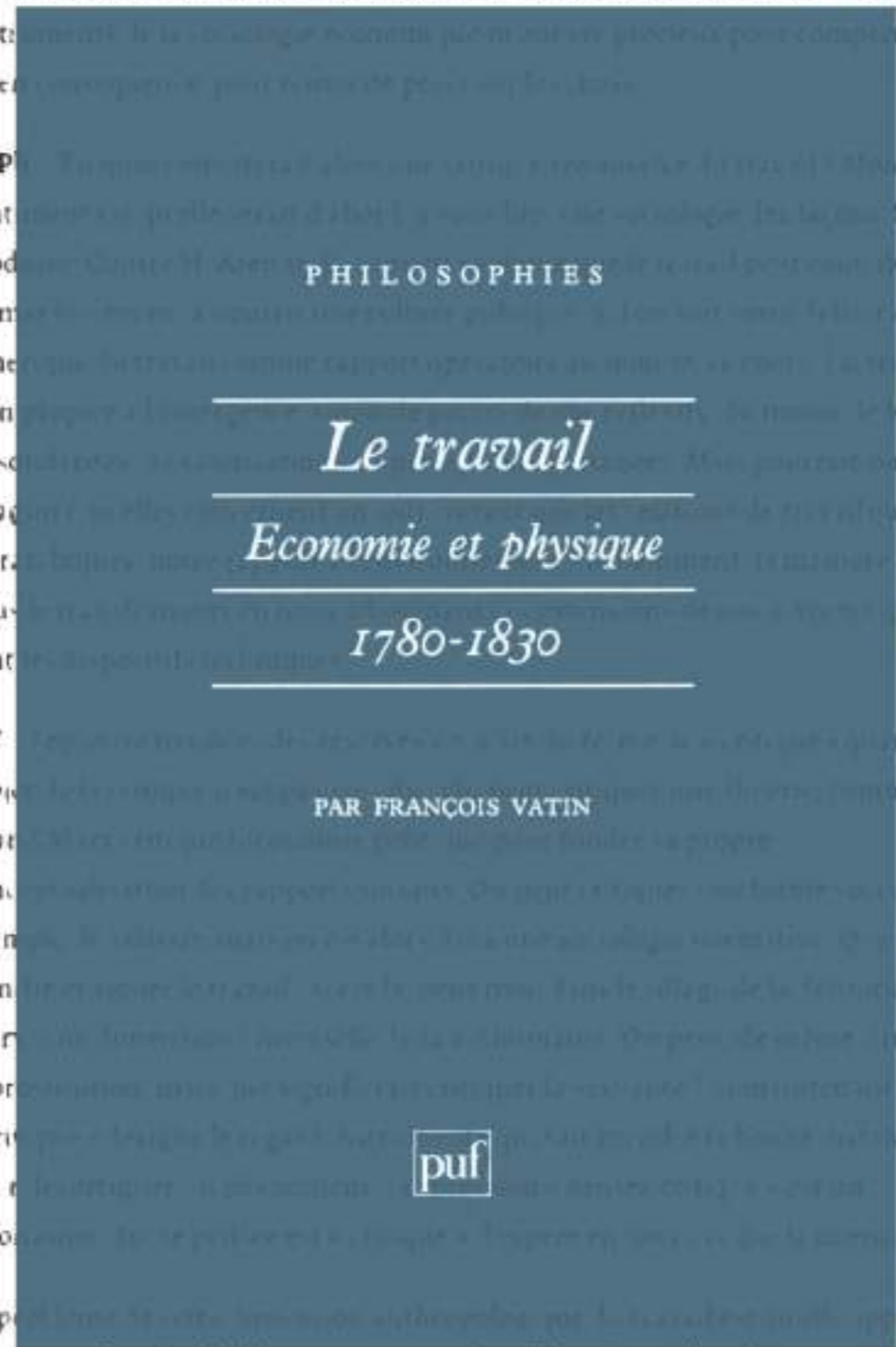
Esta dimensão pragmática das ciências “exatas” nos parece portadora de uma questão propriamente teórica, pois seu reconhecimento conduz a pôr em evidência as ligações epistemológicas estreitas e recíprocas entre ciências humanas e ciências exatas². Muitas vezes se apresenta às ciências humanas dominadas por modelos epistemológicos tomados de empréstimo das ciências exatas; a história científica é manifestamente mais complexa.

Se os modelos das ciências exatas podem ser aplicados às ciências do homem, é também porque eles foram alimentados pelo pensamento do homem: obviamente, por exemplo, Walras toma de empréstimo da mecânica de Lagrange o modelo

² Nós reencontramos, a nossa maneira, um ponto de vista próximo do desenvolvido por Alain Testard em uma pequena obra estimulante, *Ensaio de epistemologia*, Paris, C. Bourgois, 1991. Ele recusa toda oposição entre ciências “físicas” e ciências “humanas” que se fundirão sobre o critério do sujeito. Ele observa, com efeito, e nós o seguimos perfeitamente sobre este ponto, que o observador humano faz parte do mundo físico como do mundo social, e que é por esta razão mesma que o conhecimento físico é possível. Não existe motivo neste sentido de se espantar com a origem pragmática do conhecimento físico.

¹ Notadamente Thomas Kuhn, Um exemplo de descoberta simultânea: a conservação de energia, in *A Tensão Essencial*, Paris, Gallimard, 1990.

Be ud A
aile F vati
Ret> fer
IU iversite



Le p... sur un mode in fiv... a travers nous dit Gilbert Simondon. L'expérience de la

econômico do equilíbrio geral, mas a teoria dos máximos e dos mínimos (sobre a qual se apoia a mecânica lagrangeana) é em grande parte elaborada por Leibniz, Daniel Bernoulli, mais tarde por Coulomb, a partir de uma problemática econômica de otimização.

Nós vamos tentar tornar claras algumas dessas ligações epistemológicas entre ciências físicas e ciências do homem a partir das questões colocadas pela mecânica do trabalho. Nós utilizaremos por causa disso um prisma conceitual emprestado da teoria econômica: a problemática do valor. Nós conduziremos nossa investigação em três partes. Em um primeiro parágrafo, nós estudaremos a utilização feita ao longo do século XIX e do começo do século XX do conceito físico de trabalho para medir físico-economicamente o trabalho humano.

Em um segundo parágrafo, nós analisaremos as similitudes e as diferenças formais entre a mecânica do trabalho e a teoria do valor-trabalho, tal como a desenvolve Marx. Em um terceiro parágrafo, enfim, nós examinaremos rapidamente certas abordagens econômicas explicitamente fundadas sobre uma concepção energética do valor.

Do homem à máquina e o retorno

Como vimos, o conceito de trabalho foi elaborado pelos físicos do século XVIII e do começo do século XIX em referência explícita ao trabalho humano; portanto eles não podiam verdadeiramente aplicar sua teoria ao homem. Não podemos, dessa forma, com todo rigor, utilizar o conceito mecânico de trabalho para a “máquina humana” senão dentro do quadro termodinâmico. “Máquina animada”, segundo a terminologia da época, o homem é, com efeito, seu próprio motor. A fonte energética é, então, constituída pelos alimentos que ele consome, isto é, que ele “queima” ao aspirar oxigênio, e não pelo movimento mecânico, como pelos moinhos d’água ou de vento que constituem a referência da mecânica industrial. Para estudar o “rendimento” do homem (ou de qualquer outro animal), é necessário dispor de uma teoria da “conversão” energética, assim como é para as máquinas à vapor. Lembremos então da intuição genial de Lavoisier.

O surgimento da termodinâmica no curso da segunda metade do século XIX foi então logicamente acompanhado de um estudo de recuperação “fiscalista” do trabalho humano. Adolphe Hirn (1815-1890), que é um dos precursores das teorias da conservação de energia, retirando esta hipótese durante os anos 1850, não só a partir do estudo do atrito nas máquinas mecânicas, mas também das

experiências sobre o trabalho humano. Retomando o esquema experimental de Lavoisier, ele estudou as trocas calóricas da máquina humana com seu entorno em relação com o consumo de oxigênio e o estado de trabalho ou de repouso³. No estado de repouso, cada grama de oxigênio introduzida produz, segundo as experiências, em torno de cinco calorias; ou esta mesma grama em produto, menos em caso da produção de um trabalho (subir uma escada);

A diferença entre o número de calorias que seria necessário para produzir o oxigênio e o número de calorias efetivamente produzidas fornecem então a equivalência em calorias devido ao trabalho produzido.

Hirn não era fisiologista; ele não se interessava pelo funcionamento interno da máquina humana, que ele considerava como uma caixa-preta⁴. Este não é o caso dos três grandes sábios alemães do século XIX que formularam o princípio da conservação da energia: Robert-Julius Mayer (1814-1878), Justus von Liebig (1803-1873) e H. Helmholtz (1819-1892). Os três foram tanto fisiologistas quanto físicos e químicos, e é precisamente este largo espectro de sua investigação científica que permitiu chegar quase simultaneamente ao princípio⁵. Essas diferentes referências mostram que, pela ciência alemã em todo caso, a termodinâmica deve muito à fisiologia. Contrariamente a ideia que podemos ter, a bioenergética humana não nasceu da aplicação ao homem da nova física; de Lavoisier à Mayer, ela a precede. O conceito de trabalho, que uniu em um pensamento comum homens e máquinas, natureza e indústria, estava no cerne desta iniciativa científica,

³ G. A. Hirn, *Exposição analítica e experimental da teoria mecânica do calor*, Paris-Colmar, 1862. As experiências de Lavoisier sendo já retomadas por um físico. Despretz, e um médico, Dulong, na ocasião de um concurso lançado em 1822 pela Academia de Ciências. Cf. sobre este ponto e mais geralmente sobre o nascimento da bioenergética, G. Canguilhem. *O nascimento da fisiologia como ciência*, e Ch. Kayser, *Bioenergética*, em Ch. Kayser, *Fisiologia* (três tomos), Paris, Flammarion, 1963. Sobre o mesmo assunto, podemos consultar também Georges Ribell, os começos da ergonomia na França no tempo da Primeira Guerra mundial, *O Movimento social*, no. 113, Paris, edições Operárias, 1980.

⁴ De acordo com este esquema, ele pensa que em caso de trabalho “negativo”, “resistente” (o homem descendo a escada), a máquina humana “consumirá” trabalho e restituirá a energia calorífica (o grama de oxigênio ingerido terá então um valor calórico médio). De fato, neste caso, o homem deve “frear” sua queda, o que necessita um trabalho interior dos músculos consumidores de energia, tudo como quando o homem suporta uma carga sem movimento.

⁵ Por uma abordagem mais desenvolvida, do ponto de vista da física, cf. T. Kuhn, *op. cit.*, e, do ponto de vista da fisiologia, G. Canguilhem, in Ch. Kayser, *op. cit.*

cuja fecundidade se revelou em numerosos ramos do conhecimento.

Não é senão no fim do século XIX, quando a teoria termodinâmica está bem estabelecida, que a ideia de uma “aplicação” das leis físicas torna-se uma representação pertinente.

A matriz de um quadro físico para pensar as trocas energéticas permite então a fisiologia de conquistar seu espaço de competência próprio, segundo os votos de Claude Bernard. Auguste Chauveau (1827-1917) e Etienne Jules Marey (1830-1904), na França, Atwater (1844-1907), nos Estados Unidos, A. Mosso (1846-1910), na Itália, e alguns outros retomarão então o estudo da “máquina animal” sobre as bases propriamente fisiológicas, ao estudar de maneira sistemática a atividade dos músculos, a arquitetura óssea e muscular das máquinas animais, assim como a ração alimentar e as dimensões múltiplas e complexas do fenômeno da fadiga. Mas igualmente, reencontrando as preocupações de Coulomb, eles articularam essas pesquisas teóricas a um projeto pragmático: a melhora do emprego da energia animal por um melhor conhecimento das regras alimentares e dos limites de uma fadiga aceitável.

Tal projeto parece se aplicar de início aos animais de tração, donde se controla simultaneamente as condições de emprego e de alimentação. Ele se aplica ao homem em um quadro de pensamento “escravagista”, que encontra à época uma boa ilustração em um exército de soldados de infantaria. As preocupações militares assombram indiscutivelmente os espíritos desta época que precede o primeiro conflito mundial; assim, Marey se interessará particularmente com a marcha do soldado, os ritmos do cavalo, mas também com o voo dos pássaros em um projeto explícito de inspirar a aviação⁶.

A geração seguinte, que é contemporânea de Frederik Taylor (1856-1915), retomará este projeto do estudo experimental da máquina humana com a vontade de aplicar ao trabalho industrial. Um autor domina este período que marca o culminar paradoxalmente anacrônico do estudo mecânico do trabalho humano: Jules Amar (1879-1935). Ele sustenta em 1909 uma tese sobre O rendimento da máquina humana, onde retoma principalmente os trabalhos de Chauveau e Marey, que ele nutre por meio de suas próprias experiências realizadas na prisão de Biskra, na Argélia.

Tendo se tornado em 1913 chefe de um laboratório de pesquisas sobre o trabalho muscular profissional,

⁶ E.-J. Marey, *A máquina animal, locomoção terrestre e aérea*, Paris, 1873.

então criado no *Conservatório nacional de artes e ofícios*, ele publica sua grande obra de síntese⁷. Esta obra não compreende nada de fundamentalmente original, nem de um ponto de vista teórico nem experimental, mas constitui uma impressionante soma de um conjunto de trabalhos realizados durante os três séculos anteriores sobre a máquina humana e o trabalho “físico” que ela produz.

A originalidade da obra de Amar reside em sua ambição de síntese geral e definitiva, e, sobretudo no projeto de aplicar o conhecimento físico-fisiológico da máquina humana ao trabalho “profissional”, o do operário de fábrica, e não simplesmente ao trabalho do homem faz-tudo. É, por outro lado, a missão que lhe foi oficialmente confiada nas Artes e Ofícios. Não podemos dizer que ele a alcançou verdadeiramente, pois os trabalhos os mais simples (andar, carregar peso) ficam como seus exemplos privilegiados. Mas tal projeto é muito sintomaticamente sobre as preocupações da época, simbolizadas pelo taylorismo. Taylor, como Amar, entendiam como otimizar o emprego da máquina humana. Em sua doutrina, a produção aparece como uma adição de trabalho humano, onde seria necessário racionalizar o uso pela supressão dos movimentos inúteis e a instauração de uma “justa jornada de trabalho”, correspondente a uma “fadiga diária normal”, como avaliou Coulomb⁸.

Falta, contudo, à doutrina de Taylor, como Amar não deixará de denunciar, o suporte da teoria físico-fisiológica do trabalho. Mas esta fraqueza científica nos parece paradoxalmente uma das razões da permanência do sucesso midiático de Taylor, que se opõe ao esquecimento no qual caiu Amar. Porque ela explicitamente empurrar seus limites lógicos à abordagem mecanicista do trabalho, a obra de Amar parece hoje caricata. Havia certo anacronismo a desenvolver no começo do século XX uma concepção energética do trabalho humano, pois o maquinismo tendia a retirar do homem todo papel propriamente energético.

Mas esta crítica se aplica igualmente a Taylor, e inúmeros de seus contemporâneos não deixavam de sublinhar. Contudo, deixando de lado as bases teóricas claras de sua obra, Taylor está protegido de uma crítica mais epistemológica; jamais ele se apoiou

⁷ J. Amar, *O motor humano e as bases científicas do trabalho profissional*, Paris, Dunod e Pinat, 1914.

⁸ Nós encontramos um desenvolvimento sobre esta questão em F. Vatin, *A fluidez industrial*, Paris, Méridiens-Klincksieck, 1987, assim como na introdução à Taylor e outros, *Organização do trabalho e economia das empresas*, (textos escolhidos e apresentados por F. Vatin), Paris, Editions d’Organisation, 1990.

explicitamente na teoria mecânica do trabalho, mas que manifestamente muito lhe inspirou. A doutrina taylorista pode assim, e até hoje, colher os frutos de um “mecanicismo” ambiente nas representações socioeconômicas, mecanismo muito mais aceito, mas não explicitado teoricamente.

O projeto perseguido de Coulomb a Amar, de uma ciência prática do trabalho humano a partir do esquema physicalista, parece nos dias de hoje inadmissível. Aceitável com certas reservas de um ponto de vista estritamente fisiológico, o energético humano não pode fundar um saber socioeconômico. O “trabalho” (no sentido físico do termo) que produz a “máquina humana” parece dificilmente assimilável ao que entendemos ordinariamente (de um ponto de vista socioeconômico) por esta palavra. Havia a confusão, transposição sumária da física à economia, intermediada pela homonímia do termo “trabalho”. Esta crítica já era formulada nos anos 1880 por Friedrich Engels; ele atribuía a origem deste uso abusivo do termo trabalho na ciência alemã de sua época a uma má tradução do inglês:

A palavra “trabalho” e a noção correspondente vêm dos engenheiros ingleses. Mas em inglês o trabalho prático se chama *work*, o trabalho no sentido econômico *labour*. Também o trabalho físico é designado por *work*, o que exclui toda possibilidade de confusão com o trabalho econômico. Este não é o caso em alemão, e é porque na literatura pseudocientífica moderna pudemos ver diversas aplicações estranhas do trabalho físico nas condições do trabalho econômico e inversamente. Nós temos também a palavra *Werk* que, como em inglês *work*, é perfeitamente adequado a designar o trabalho físico. Mas, como a economia é para nós sábios um domínio muito distante, eles decidiram com dificuldade introduzir no lugar da palavra *Arbeit* que já se estabeleceu, e, se eles tentam fazer isto, só acontecerá quando for muito tarde. Não há a não ser em Clausius a tentativa de conservar ao menos a expressão *Werk* ao lado da expressão *Arbeit*⁹.

O julgamento de Engels é manifestamente muito sumário e testemunha de certo mal conhecimento da história do conceito físico de trabalho. Talvez *Arbeit* seja uma tradução medíocre do inglês *work*; é em compensação uma tradução pertinente do francês *travail*. Ou é a física francesa (precisamente Coriolis em 1829) que definiu o conceito físico de trabalho

⁹ Engels, *Dialética da natureza*, Paris, edições Sociais, 1968, p. 105, nota. Encontraremos uma análise desenvolvida da posição de Engels face a termodinâmica por Eric Alliez e Isabelle Stengers, *Energia e valor: o problema da conservação em Engels e Marx*, Crítica regional, no. 14, O trabalho em sociologia, Universidade livre de Bruxelas, 1986.

e a escolha deste termo remete explicitamente ao significado socioeconômico. Além disso, nos perguntamos o que Engels chama exatamente de “o trabalho no sentido econômico”, por oposição ao “trabalho prático”;

Em inglês *work*, como também *labour*, designam o trabalho como atividade produtiva, sendo o trabalho social no sentido de Marx. O termo *labour* não é privilegiado senão no sentido de “trabalho-mercadoria” (ou no sentido genérico do trabalho oposto ao capital). Mas nos admiramos de ver um “marxista” assimilar trabalho-mercadoria e trabalho econômico. Mais precisamente, o termo inglês *work* e a fortiori o alemão *Werk* designam antes de tudo o produto, então *labour* e *Arbeit* designam o dispêndio. É a mesma distinção útil, que não se faz em francês. Mas, como vimos, a escolha do termo trabalho é defendida pela física francesa em seu duplo sentido de produto e dispêndio.

É interessante de aproximar a reflexão de Friedrich Engels (1820-1895) da de seu contemporâneo William Stanley Jevons (1835-1882), que conta entre os fundadores da economia política neoclássica, mas que era igualmente lógico e epistemólogo. Entre os primeiros neoclássicos, Jevons é provavelmente aquele mais empenhado em construir um conceito “econômico” de trabalho dentro do quadro de uma teoria generalizada do mercado. Como mercadoria, o trabalho tem que se considerar sob duas dimensões simultâneas: a demanda, que emana dos empregadores, e a oferta, que é feita pelos trabalhadores; esta segunda dimensão tem frequentemente sido negligenciada pelos economistas neoclássicos. Do ponto de vista da demanda, o trabalho é uma grandeza “positiva” que se define por sua utilidade para os empregadores, isto é, sua “produtividade”. Do ponto de vista da oferta, em compensação, o trabalho deve ser pensado como uma grandeza negativa, uma “desutilidade”, pois, se o trabalho é agradável, sua oferta será infinita (ela será delimitada somente pelos limites físicos da vida humana). Considerando o trabalho do ponto de vista da oferta, Jevons é então levado a se definir como “todo esforço doloroso do espírito ou do corpo que nós nos impomos, parcialmente ou totalmente, é em vista de um prazer futuro”¹⁰.

¹⁰ W. S. Jevons, *A teoria da economia política* (1871), ed. Francesa, Paris, Giard & Brière, 1909 (p. 248). Precisemos os diferentes elementos desta definição: 1/ o prazer futuro é certamente o que produzirá o salário do trabalho; 2/ Jevons precisa “parcial ou totalmente”, é que ele supõe que o trabalho pode ser parcialmente agradável. Com efeito, se fundando sobre um raciocínio “a margem”, é suficiente admitir que o trabalho se torna ao fim de certo tempo desagradável para elaborar seu modelo. Tanto que o trabalho é agradável, isto é, que a “utilidade marginal do trabalho” (suplemento da utilidade aportada por uma unidade suplementar

Esta expressão, bem complicada, pode surpreender. Ela se situa, portanto, como lembra Jevons, na linhagem direta de Smith, que colocou o trabalho como fundamento do valor, por que ele é o custo real por meio do qual pagamos em definitivo todas as coisas¹¹. Esta definição permite a Jevons endossar o conceito de trabalho pela teoria econômica, mas o conduz paralelamente a efetuar um curioso retorno à teoria física. Ele toma de empréstimo explicitamente sua noção de esforço a física ao considerar que ela tem duas dimensões: a duração e intensidade: “Durante o mesmo tempo um homem pode percorrer uma distância mais ou menos longa;

Ele pode serrar mais ou menos madeira, ele pode bombear mais ou menos água; em resumo, ele pode dispendir mais ou menos força nervosa e muscular. Donde a soma de trabalho será uma quantidade com duas dimensões, produto da intensidade pelo tempo quando a intensidade for uniforme, ou a soma da área limitada por uma curva quando a intensidade for variável” (p. 250).

Se queremos desprezara referência à “força nervosa”, nós retornamos sem hesitação à teoria física do trabalho, o que Jevons confirma posteriormente em seu texto: “Nós podemos aproximadamente medir a intensidade de trabalho pelo montante da força física dispendida em um tempo dado, mesmo que esta seja o esforço resultante deste dispêndio de força e que seja o elemento capital da economia. As leis interessantes têm sido, ou podem ser, as descobertas que ligaram o montante de trabalho feito à intensidade do trabalho” (p. 288).

Jevons remete então aos trabalhos de Coulomb,

de trabalho) é positiva, o trabalhador fornecerá trabalho sem limite. Um problema de escolha não se colocará senão quando o trabalho se tornar desagradável (quando sua utilidade marginal for negativa); o trabalhador deverá então fazer o balanço entre utilidade positiva relacionada pela renda e utilidade negativa produzida pelo trabalho; ele deixará de trabalhar quando a desutilidade marginal do trabalho for igual a utilidade marginal da renda. (O equilíbrio é garantido pelo fato de Jevons supor que a desutilidade marginal do trabalho é crescente e que a utilidade marginal da renda é decrescente).

¹¹ O projeto de Jevons difere, portanto, consideravelmente do de Smith. O postulado do caráter doloroso do trabalho conduz Smith a colocar o trabalho como a realidade ontológica que manifesta o preço do mercado (se as mercadorias têm um preço, é que elas custam ao homem pelo trabalho). Para Jevons, em compensação, como para todos os neoclássicos, se as mercadorias têm um preço, é de início que elas aportam ao homem uma utilidade; certamente, por outro lado elas lhe custam, mas não exclusivamente pelo trabalho, pois é necessário ter em conta o capital (produzido pela poupança) e das forças naturais raras poupadas durante a produção. O postulado do caráter doloroso do trabalho tem então uma função teórica muito mais limitada: definir a oferta desta mercadoria específica.

de Babbage, e dos fisiologistas de seu tempo, mas também... à suas próprias experiências, que ele publicou na revista *Nature*.

Assim, contrariamente a ideia que se poderia ter que a elaboração da teoria moderna do trabalho-mercadoria não se opera uma ruptura com a antiga teoria do trabalho-pena (castigo), dispêndio físico. O modelo é simplesmente ampliado; é suficiente para isto supor que podemos encontrar uma medida comum psicológica, se ela não é fisiológica, da fadiga “física” e da fadiga “nervosa”, mesmo “psicológica”. De Jevons até os nossos dias, implicitamente ou explicitamente, os economistas adotam esta hipótese, assim como os ergonômistas quando eles medem uma “carga mental”, segundo a metáfora mecânica comumente admitida.

Neste sentido, mesmo dentro da teoria neoclássica contemporânea, o trabalho no sentido físico do termo contribui, embora marginalmente, para a definição do valor. A ideia de “dispêndio” físico continua o primeiro esquema que permite pensar a oferta de trabalho, elemento essencial e frequentemente negligenciado, para fechar a teoria do equilíbrio geral. Nos falta atualmente examinar de mais perto as teorias do “valor-trabalho”, reencontradas e repetidas ao longo de nossa exposição e cuja proximidade com a mecânica industrial aparece intuitivamente; nós nos apoiaremos para isto no modelo de Karl Marx.

A perda e a mais-valia: O valor-trabalho em Marx

Fizemos a escolha de começar este capítulo pelo estudo da aplicação da teoria física do trabalho ao trabalho humano a fim de esclarecer um possível mal-entendido quanto ao ponto que iremos abordar agora: a comparação entre a teoria do trabalho mecânico com a teoria do valor-trabalho de Marx. Seria falacioso assimilar, até mesmo os conceitos, o valor-trabalho dos economistas clássicos e o de Marx, e o trabalho-moeda mecânica dos físicos. Portanto, essas duas construções teóricas possuem estreitas similitudes formais, que são interessantes de examinar de maneira detalhada. Nós podemos voltar em seguida aos métodos econômicos do valor explicitamente fundados sobre a energética.

Contrariamente a uma interpretação vulgar, para Marx, o trabalho humano não é primordialmente energético; temos visto por outro lado com que virulência Engels rejeitou tal tese. Certamente, Marx retoma a ideia de Smith do trabalho como dispêndio; é bom este caráter genérico de dispêndio da força humana que faz do trabalho uma medida comum do valor: “No fim das contas, toda atividade produtiva,

abstração feita de seu caráter útil, é *dispêndio de força humana*. A confecção de roupas e de tecido, apesar de sua diferença, são todas duas um dispêndio produtivo do cérebro, dos músculos, dos nervos, da mão do homem, e, neste sentido, trabalho humano do mesmo jeito. A força humana do trabalho, cujo movimento não faz senão mudar de forma nas diversas atividades produtivas, deve seguramente ser mais ou menos desenvolvida para poder ser dispêndio sobre tal ou qual forma. Mas o valor das mercadorias representa pura e simplesmente o trabalho do homem, um dispêndio de força humana em geral”¹².

Da mesma forma, ele retoma a ideia de que vimos ser exposta por Say, do trabalho como força mecânica agindo através do deslocamento de massa: “O trabalho é *prima facie* um ato que se passa entre o homem e a natureza. O homem desempenha em face da natureza o papel de uma potência natural. As forças das quais seu corpo é dotado, braços e pernas, cabeça e mãos, ele as põe em movimento, a fim de assimilar as matérias e lhes dar uma forma que seja útil à sua vida” (p. 180).

Mas esta dimensão energética, que Marx não despreza, não é para ele senão um alicerce que não pode servir para definir a maneira específica do trabalho humano, pois ela se aplica a atividade de todas as espécies vivas; o que caracteriza de fato o trabalho humano é sua dimensão técnica: “Nós não nos deteremos neste estado primordial do trabalho onde ele não foi ainda desnudado de seu modo puramente instintivo. Nosso ponto de partida é o trabalho sob uma forma que pertence exclusivamente ao homem. Uma aranha que faz as operações que se assemelham as do tecelão e a abelha confunde a estrutura de suas células de cera a habilidade de mais de um arquiteto. Mas o que distingue desde o início da pior abelha a mais habilidosa, é que ela construiu a célula em sua cabeça antes de construí-la na colmeia” (p. 180-181).

Isto seria, então, trair o pensamento de Marx, que é de considerar seu valor-trabalho como uma simples restrição a única atividade humana do valor energético, *moeda mecânica* de Navier e Coriolis. Nosso argumento não se situa lá. Nessa altura de nossa análise, o problema não é tanto a definição ontológica do que chamamos “trabalho”, senão a posição de tal conceito na construção formal de uma teoria da produção do valor. A comparação termo a termo da teoria de Marx e da de Navier e Coriolis adquire assim toda sua significação, tanto nas semelhanças iniciais que ela extrai quanto na

¹² K. Marx, *O capital* (1867), Paris, Edições Sociais, 1975, t. 1, p. 59.

oposição fundamental da qual ela resulta.

Em suas construções como em seus objetivos, a teoria mecânica do trabalho e a teoria do valor de Marx são surpreendentemente similares. O objetivo fundamental é o mesmo: encontrar uma medida comum do valor do produto e o do dispêndio, permitindo, ao relacionar um e outro, de expressar uma razão exprimindo a eficiência produtiva. De uma maneira mais geral, trata-se, nos dois casos, de tornar compatíveis uma teoria de equilíbrio e uma teoria do movimento e da transformação. Na teoria mecânica, é necessário fundar a dinâmica sobre a estática, isto é, sobre a noção de equilíbrio, e, portanto, pela evidência, o movimento não poderá trazê-lo plenamente; o estudo dos processos termodinâmicos (e a transformação da “força viva” em “trabalho”) complicará ainda o problema. Em matéria econômica, a interrogação central da obra de Marx é de fato a insuficiência da teoria da troca tal qual a apresentam os liberais clássicos. A troca repousa ontologicamente sobre um princípio de equivalência; ou, se a atividade econômica não é senão uma série de trocas, como explicar o surgimento de uma *mais-valia*, superávit sem o qual não podemos compreender o crescimento econômico, a *acumulação do capital*?

Nessas duas construções científicas, o conceito de trabalho, qualquer que seja o conteúdo ontológico preciso que lhe atribuamos, caso contrário, vai ocupar a mesma posição teórica. O trabalho mecânico de Navier e Coriolis como o “trabalho abstrato” de Marx é primeiramente definido como uma medida comum dos produtos, instrumento de comparação econômica dos diversos bens devido sua heterogeneidade concreta. Em um segundo momento, esta norma de valor vai servir para medir igualmente o dispêndio. Nós examinamos de maneira detalhada os raciocínios de Navier e Coriolis. É necessário dizer algumas palavras do trabalho de Marx, menos evidente que poderia se pensar.

Para Marx, o dispêndio produtivo compreende duas frações: da parte das mercadorias já avaliadas em trabalho (meios de produção: máquinas, matérias primas), que ele chama o *trabalho morto* e cujo valor é simplesmente reincorporado ao valor do novo produto; de outra parte uma mercadoria particular com contornos externos, a *força de trabalho*. Na nossa proposta, podemos ignorar a primeira fração; a transmissão do valor do trabalho morto é para Marx integral e mecânico; trata-se de um postulado computável. Podemos então, para simplificar, considerar uma produção realizada exclusivamente com a força de trabalho, tal que ela será de fato de uma empresa inteiramente integrada (produzindo-a todos seus meios de produção). O dispêndio

produtivo se limita então ao dispêndio de uma *força humana de trabalho*. Mas é nesses mesmos termos que Marx definiu o valor do produto. Entendido assim, o valor do dispêndio será igual ao valor do produto e a *mais-valia*, inimaginável.

Para sair deste paradoxo, Marx faz intervir um novo conceito: o trabalho assalariado. A força humana de trabalho é então mercadoria¹³; ela tem então, como todas as mercadorias, um valor correspondente a “quantidade de trabalho social realizado por ela”, ou o valor dos bens necessários ao consumo operário. Mas, simultaneamente, ela fica entre as mãos de seu comprador, o *capitalista*, uma fonte de trabalho e então o valor. Bem empregada, ela pode produzir mais trabalho que ela não tem custo próprio e fornecer então um superávit, a *mais-valia*. Vamos voltar um pouco mais longe sobre este raciocínio de Marx e sua culpa habilmente escondida. Se admitirmos por um momento a operação teórica bem-sucedida, vemos que o instrumento de medida do produto, o *trabalho abstrato*, pode agora servir para medir o dispêndio, o *valor da força de trabalho*. Dessas duas medidas resulta a prova de um superávit, ele mesmo mensurável em valor-trabalho: a *mais-valia*, e de uma taxa exprimindo a eficiência econômica do processo do lucro capitalista: a *taxa de mais-valia*, isto é a relação do retorno com o dispêndio.

A analogia com a construção dos engenheiros politécnicos é indiscutivelmente muito forte. O “trabalho” serve bem nos dois casos para medir por sua vez o produto e o dispêndio, o que permite valorizar uma relação, onde o numerador e o denominador são de mesmas “dimensões” (avaliadas pela mesma medida): taxa de *mais-valia* em Marx, rendimento (trabalho útil sobre trabalho total) nos engenheiros politécnicos. Mas do mesmo golpe a diferença essencial entre as duas construções aparece igualmente nitidamente. Os politécnicos estabeleciam o valor de uma perda; o valor do produto (trabalho útil) é forçosamente inferior ao do dispêndio e o rendimento é então por hipótese inferior a 1.

Marx, ao contrário, ressalta um superávit supondo que o valor do produto pode ser superior ao do dispêndio, a força de trabalho podendo produzir mais trabalho do que ele custa. Estamos então no núcleo da problemática. A economia, sob o regime capitalista

¹³ De maneira significativa, Marx empregará doravante a expressão abreviada “força de trabalho” para designar esta mercadoria, conceito adequado a sua teoria, em lugar da expressão “força humana de trabalho”, pré-noção empregada no sentido comum na primeira seção do *Capital*. Portanto tão preciso em geral sobre sua terminologia, ele não se explica sobre esta sutil mudança de denominação.

de qualquer maneira, se apresenta como um processo de crescimento. Devemos pensar este processo dinâmico e cumulativo, que, tal como a vida orgânica, parece desafiar o paradigma energetista, definido pelas primeiras e segundas leis da termodinâmica. É interessante de ver por qual procedimento teórico Marx pode chegar a tal conclusão.

Todo o trabalho de Marx repousa sobre a medida em trabalho da força de trabalho. O valor da força de trabalho é igual a quantidade de trabalho incorporada a ela, que Marx assimila ao valor dos bens necessários à sua reprodução. Ele reencontra assim, imutável sobre o fundo, a teoria do salário desenvolvida pelos economistas clássicos. Mas, devemos refletir, não é evidente identificar a quantidade de trabalho incorporada à força de trabalho e aquela necessária para produzir os bens-salários. Esta assimilação repousa sobre a ideia de que a transformação dos bens de subsistência em força de trabalho (o processo de consumo) é economicamente gratuita. Aplicada às outras produções, tal hipótese voltaria a contar no valor do produto o chamado *trabalho morto*, reincorporado. É evidente em compensação que se medimos o “trabalho” necessário ao consumo operário e que agregamos aquele que é incorporado nos bens-salários para definir o valor da força de trabalho, este será no final das contas largamente superior ao valor que ela é suscetível de criar no processo de produção¹⁴.

Assim, na teoria de Marx, um superávit não pode ser posto em evidência senão ao preço de uma definição “convencional” do trabalho: tempo social valorizado pelo mercado. Se procurarmos estender o esquema ao adotar uma concepção mais genérica do trabalho “dispêndio de força humana” (segundo os próprios termos de Marx), voltamos irremediavelmente ao esquema energético: a explicitação de uma perda e não de um superávit, pois cada minuto de vida humana, mesmo consagrada ao sono, embute um dispêndio energético, e o tempo dedicado a produção mercantil não pode ser senão uma fração reduzida deste tempo total.

Compreendemos melhor nessas condições a insistência de Engels, que estudou a termodinâmica, de se colocar em guarda contra toda confusão entre o trabalho econômico e o trabalho mecânico. Tendo manifestamente notado uma grande similitude formal entre a teoria energética e a do valor-trabalho, ele sabia qual perigo toda tentativa de assimilação foi realizado pela teoria de Marx: colocar em evidência uma *mais-valia* negativa, perda e não superávit.

¹⁴ Esta demonstração foi desenvolvida em outra perspectiva por Bruno Lautier e Ramon Tortajada. Escola, força de trabalho e trabalho assalariado, Grenoble-Paris, PUG-Maspero, 1978.

Engels foi alertado sobre este assunto pela leitura de um artigo de um naturalista ucraniano propagandista de Marx, Sergei Podolinski (1850-1891), que pensou poder fundar a teoria social sobre uma concepção energetista do valor¹⁵. Neste artigo, Podolinski sustentou (após o que disse Engels) que “o trabalho humano (seria) capaz de reter e de prolongar a ação do sol na superfície terrestre além do que ela duraria sem este trabalho”.

Obviamente, Engels responde que o homem não pode por seu trabalho desenvolver uma energia superior aquela contida em seus alimentos, seu rendimento energético sendo necessariamente inferior: “A questão de saber como a massa da energia dada em uma quantidade determinada de alimentos pode pelo trabalho deixado por trás dela uma quantidade de energia maior que ela mesma, eu respondo como se segue: suposição que os alimentos necessários cada dia a um homem representando uma quantidade de energia expressa por 10.000 uc (unidades calóricas).

Essas 10.000 uc permanecem por toda eternidade = 10.000 uc e perdem, como sabemos na prática, ao se transformar em outras formas de energia, por atrito etc., uma parte delas mesmas que não pode ser tornada utilizável. Parte importante do corpo humano. O trabalho físico realizado pelo trabalho econômico não pode jamais igualar a 10.000 uc, sendo sempre inferior”. Mas, prossegue Engels, a maior parte da energia que o homem cristaliza na produção é emprestada de outras fontes de seu próprio organismo: “Mas o trabalho econômico que um homem realiza ao gastar essas 10.000 uc consiste em fixar, a mais ou menos longo prazo, de novas uc emitidas em direção a ele pelos raios solares, as quais não têm com as primeiras uc senão esta relação de trabalho. Quanto, a saber, se as novas uc fixadas ao gastar as 10.000 da nutrição cotidiana se elevam a 5.000, 10.000, 20.000 ou a um milhão, isto depende unicamente do nível de desenvolvimento dos meios de produção”. A atividade econômica pode então perfeitamente conduzir a uma produção energeticamente superior ao trabalho humano dispendido, mas isto não é graças a produtividade energética própria do homem, mas ao preço da imposição de outros recursos energéticos. De nenhuma maneira a teoria da exploração não pode ser fundada sobre a ideia de uma produtividade energética.

Como o mostra este texto, Engels compreendeu perfeitamente os princípios da termodinâmica,

¹⁵ Cf. K. Marx e F. Engels, Cartas sobre as ciências da natureza, trad. E introd. De J.-P. Lefèvre, Paris, Edições Sociais, 1974, p. 109-112. O artigo de Podolinski apareceu no jornal italiano A Plebe em 1881, com o título “O socialismo e a unidade da força física”.

o que era notável em 1882 para um não-físico. Ele retira deste conhecimento uma conclusão radicalmente negativa sobre toda pretensão de fundar uma teoria energética do valor, o que aparece nesta carta: “Verdadeiramente isto não pode ser exposto aritmeticamente senão pelos ramos da produção os mais primitivos: caça, pesca criação, agricultura. Na indústria toda sorte de cálculo cessa irremediavelmente: é doravante o mais frequente impossível de exprimir o trabalho agregado ao produto em uc (unidades calóricas). A medida do valor energético de um martelo, de um parafuso ou de uma agulha de costurar, acrescidos dos custos de produção, é uma impossibilidade pura. Em minha opinião é absolutamente impossível se querer exprimir as relações econômicas nas unidades de medida da física”.

Não vemos por que Engels decreta que existiria a impossibilidade. Com certeza, a medida da quantidade de energia contida em um produto um pouco complexo coloca alguns problemas, na medida em que convida a uma regressão ao infinito em uma cadeia de produtos tendo mais ou menos diretamente contribuído com esta nova produção. Mas, sublinhemos, esta dificuldade lógica entrava também a teoria do valor-trabalho de Marx, prova suplementar se há necessidade da similitude das duas construções teóricas. Ou, é no nosso sentido precisamente esta similitude formal entre a construção de Marx e a da energética nascente que, pelas consequências que ela envolve (a impossibilidade lógica da mais-valia), explica a firmeza da rejeição de Engels de toda teoria energética do valor. Numerosos autores têm retomado tal projeto. É sobre este ponto que concluiremos este capítulo.

Qual valor energético?

No fim do século XIX, o desenvolvimento teórico da energética e sua difusão para o grande público culto não poderia deixar de constituir uma fonte de inspiração para os pensadores sociais. As razões de tal atração não são unicamente a fascinação exercida pelas ciências físico-matemáticas sobre as ciências sociais nascentes, na pesquisa periodicamente renovada de um saber unificado; a natureza mesma do conceito de energia convida indiscutivelmente a sua interpretação econômica. Gerado por preocupações econômicas, dentro da mecânica do trabalho como também na termodinâmica de Sadi Carnot, o conceito de energia se apresenta de início duplamente como uma categoria econômica. De um lado ele aparece como um instrumento contábil, como medida, “moeda mecânica”; do outro esta medida se relaciona essencialmente ao homem, tanto em seu papel de produtor, que coloca em

ação forças que lhes são próprias, de consumidor, dependente, como todas as espécies vivas, de um aporte energético. Assim, a energia poderia fornecer uma medida comum de todos os bens, mercantis ou não, fundada por sua vez sobre as condições de sua produção e sobre sua utilidade humana. Ela constituiria uma norma de valor, objetiva e geral, que, em uma gestão racional, poderia substituir o preço, instrumento de regulação tão relativo, tão frágil e tão portador de injustiça da economia mercantil.

Uma história aprofundada das representações energetistas dos fenômenos econômicos e sociais está para ser escrita¹⁶. Lá veríamos como se cruzam o desenvolvimento da teoria da termodinâmica e as preocupações historicamente marcadas dos economistas e sociólogos.

As representações energetistas de organização socioeconômicas são desenvolvidas principalmente no curso de dois períodos: do começo deste século e nos anos 70. Nessas duas épocas, as representações energéticas dos fenômenos sociais se fundavam sobre saberes científicos diferentes (o conceito de entropia não foi senão muito progressivamente compreendido), mas também se revestia de significados diferentes, refletindo as preocupações de seu tempo. Os questionamentos do começo do século, ainda muito impregnados dos debates do século XIX, marcados essencialmente pelo equilíbrio social e a justa repartição do esforço e do produto entre os homens. Em seguida, paralelamente a uma compreensão de mais a mais aguda do fenômeno fisicamente inelutável da “degradação da energia” (crescimento da entropia), as representações energetistas serviram de suporte a uma interrogação sobre as relações entre a sociedade humana e seu ambiente natural, que culminará no curso dos anos 70, marcados pela “crise energética”.

Não é objeto deste livro estudar de maneira detalhada essas doutrinas. Nós gostaríamos simplesmente de enfatizar alguns traços, que permitem compreender a significação econômica e social da reflexão dos engenheiros mecânicos inventores do conceito de trabalho. Nós tomamos como ponto de apoio os debates do começo do século da doutrina de Ernest Solvay (1838-1922), engenheiro químico, grande empreendedor e reformador social, que, como Sergei Podolinski, pensava ver no energetismo o instrumento de resolução da questão social. Ernest

¹⁶ Como uma primeira aproximação, podemos nos reportar às atas do Colóquio “termodinâmica e ciências do homem”. Entropia, número fora de série, Créteil, 1982; cf. também Jacques Grinevald, A revolução carnotiana: termodinâmica, economia e ideologia, Revista europeia de Ciências sociais e Cadernos Wilfredo Pareto, no. 36, Genebra, 1976.

Solvay se situa dentro da tradição dos reformadores sociais do século XIX que consideram a forma monetária de intercâmbio na sociedade capitalista como a causa essencial de injustiça social. A resolução da questão social passaria pela colocação e imposição de uma norma de valor indiscutível: “bônus de trabalho” para Proudhon, “valor físico-energético” para Solvay:

Se vamos ao fundo das coisas, é necessário reconhecer que não se pode adicionar aos objetos um outro “valor” real, fundamental, senão aquilo que resulta de sua necessidade fisio-energética final, algo indireto onde aparece esta necessidade quando se trata, por exemplo, de objetos relativos a recreação do homem. A única coisa que podemos realmente pagar ao adquirir um objeto de consumo são suas calorias, o trabalho fisiológico de oxidação, que ele aportará diretamente ou indiretamente, normalmente ou abusivamente, ao organismo. É o crescimento de rendimento em energia utilizável; e parece impossível de “pagar” outra coisa. É então este valor fisio-energético que no fundo, implicitamente ou explicitamente, regula a oferta e a demanda. E, sob este ponto de vista, os valores transacionais deveriam, ao que parece, ser simples representação do valor energético das coisas e, como consequência, deveria existir em princípio um equivalente fisio-energético do valor transacionista das coisas¹⁷.

É interessante aproximar esta situação de outra, de 75 anos depois, extraída de uma obra do economista René Passet: “A energia é o denominador comum a todos os bens, pertencendo ou não a esfera do mercado. (...) Todo bem material é passível de ser expresso pela quantidade de energia que ele possui; aparece, se ele foi produzido, como o resultado de um dispêndio energético mensurável, transfere aos organismos que absorvem a energia potencial que ele contém. Toda força de trabalho é um potencial energético suscetível de fornecer energia e se reconstruir por um aporte de energia.

Todo capital produtivo, criado pelos homens, é o resultado de um trabalho expresso em unidades energéticas, e funciona graças a um aporte de energia e fornece um trabalho mecânico energeticamente

¹⁷ Ernest Solvay, Notas sobre as fórmulas de introdução á energética fisio- e psicossociológica, Notas e memorias do Instituto de Sociologia Solvay, fasc. No. 1, Bruxelas, 1906, p. 22. A doutrina de Ernest Solvay inspirará notadamente Wilhelm Ostwald (1853-1932), prêmio Nobel de química e grande vulgarizador do energetismo como quadro do pensamento comum a todas as ciências físicas, biológicas e psicossociológicas. Cf. W. Ostwald, Os fundamentos energéticos da ciência da civilização, trad. Franc., Paris, Giard & Brière, 1906, assim como A energia, Paris, Félix Alcan, 1910.

mensurável¹⁸”.

Nos dois casos, a tônica é colocada sobre o caráter da medida universal de energia, que poderia se fazer substituir pelas medidas econômicas comuns. Contudo, uma diferença aparece. Para Solvay, o valor energético é de início definido do ponto de vista da utilidade humana, para Passet, do ponto de vista do dispêndio natural. Isto nos remete a examinar um pouco mais atentamente a argumentação de Solvay para compreender o que separa os dois enfoques.

Para Solvay, o homem, mergulhado em uma rede complexa de intercâmbios energéticos não consome em definitivo senão calorías, diretamente ou indiretamente. Sistema de troca energética como todas as espécies vivas, o homem, a partir da energia ingerida, desenvolve certa energia própria, da qual uma fração somente é utilizável socialmente. O rendimento social do homem resulta assim do produto de duas funções: a primeira exprime o rendimento individual fisio-energético, a segunda, o rendimento social (sócio-energético), sendo a parte da energia liberada pelo indivíduo socialmente utilizável.

O problema social se resume, então, na justa repartição de energia consumida pelos indivíduos, a qual deve ser proporcionada a seu esforço produtivo, seja a energia socialmente utilizável que eles liberam. A cidade ideal será, então, aquela onde os homens proporcionariam estritamente seus esforços às suas necessidades e controlariam perfeitamente as forças naturais de maneira a tornar seu esforço mínimo. Nesta cidade, as relações de troca se fixariam estritamente sobre os valores energéticos.

Certamente, podemos criticar a utilização do conceito de energia de Solvay: o processo de degradação de energia (crescimento da entropia) é aparentemente ausente de sua análise; a distinção não é claramente estabelecida: de um lado, a energia biológica que o homem libera de si próprio, do outro, aquela que ele retira de seu ambiente. A obra de Passet, nutrida pela termodinâmica de Prigogine, a teoria da informação de Shannon e Brillouin, a biologia sistêmica de Atlan etc., levam em consideração em compensação de maneira detalhada o conjunto dos fundamentos físicos e biológicos de uma análise eco-energética. Por esta razão, mas também do fato de um conhecimento aprofundado da teoria econômica que não possuía Solvay, a obra de Passet escapa a relativa ingenuidade que podemos perceber em seu predecessor. Mas uma análise detalhada mostraria

¹⁸ René Passet, *O econômico e o vivo*, Paris, Payot, 1979 (p. 136-137).

que a análise de Solvay não é tão ingênua como pode parecer à primeira vista e que seu esquema, reformulado em uma terminologia mais moderna e cientificamente mais completo, não é a esse respeito tão distante da de Passet¹⁹. O que separa as duas análises é em definitivo menos a instrumentação teórica do que a orientação normativa subjacente.

O problema que se coloca Solvay é ainda, como temos notado o dos reformadores sociais do século XIX, a procura da cidade ideal. A medida energética lhe permite proporcionar, sobre uma base física indiscutível, o que os indivíduos recebem da sociedade e o que eles lhe aportam.

Eles não se interrogam em compensação sobre a retirada que a sociedade humana opera sobre a natureza. É porque a energia é considerada do ponto de vista de sua usabilidade humana e não como dispêndio natural. A obra de Passet se inscreve em uma corrente de pensamento ecológico-econômico, aberta pelo economista e epistemólogo americano de origem romena Nicholas Georgescu-Roegen, corrente que encontrou na crise energética dos anos 70 um clima ideológico particularmente propício²⁰.

Para toda esta corrente de pensamento, a questão essencial que se coloca para a humanidade moderna é a da inelutável degradação da energia. A segunda lei da termodinâmica se impõe a sociedade, como ela se impõe aos organismos vivos. Com certeza, um ser biológico parece testemunhar uma capacidade neguentrópica, que se exprime em sua possibilidade de crescimento e de reprodução: tal como o demônio de Maxwell, ele organiza a energia que ele dispõe na contracorrente do processo de degradação entrópica; mas esta organização neguentrópica não pode se operar senão ao preço de uma retirada mais

¹⁹ As primeiras formulações eco- ou sócio-energetistas, como a de Ernest Solvay, deixam entender que o homem consumiria energia, o que é ambíguo, pois que, segundo a primeira lei da termodinâmica, a energia se conserva. Ele consome energia a base de entropia que ele transforma em energia de alta entropia; ou seja, poderemos dizer, como toda espécie vivente, o homem consumiria a neguentropia (cf. E. Schrödinger, *Que é a vida?* (1944), trad. Franç., Paris, C. Bourgois, 1986). Analogamente, colocando em ação suas forças e as da natureza, o homem não produz energia, mas a organiza, produzindo de qualquer sorte a neguentropia. Ou, Solvay não fala da energia, mas sim da energia utilizável, o que pode ser interpretado de acordo com o esquema moderno.

²⁰ A obra fundamental sobre esta questão de Nicholas Georgescu-Roegen é *A Lei da Entropia e o Processo Econômico*, Cambridge, Mass., Harvard University, 1971. Cf., em francês, *A ciência econômica seus problemas e suas dificuldades*, Paris, Dunod, 1970; *Amanhã o decrescimento*, Paris e Lausanne, Pierre Marcel Favre, 1979; *Da ciência econômica à bioeconomia*, Revista de Economia política, no. 88, maio-junho 1978, Paris; *A degradação entrópica e o destino prometeico da tecnologia humana*, Entropia, op., 1982.

importante sobre o meio circundante de uma energia de baixa entropia. Isto não é então senão considerado de maneira isolada que a vida seria neguentrópica, mas que se inscreve inelutavelmente dentro de uma cadeia de reações entrópicas. O erro dos economistas, em sua vontade de pensar o crescimento, ou mesmo simplesmente o equilíbrio, seria então de ter ignorado a segunda lei da termodinâmica.

Bernard Brunhes já defendeu este ponto de vista em 1909²¹: “Coisa estranha! Durante muito tempo a indústria pareceu ignorar o princípio da degradação da energia, e foi a indústria, portanto que a sugeri! O industrial parecia não tomar conhecimento senão do princípio da conservação da energia, isto é, do primeiro princípio da termodinâmica. E o segundo princípio é obra de um gênio teórico, sem dúvida, mas também de um sábio que pensava, unicamente, em anunciar as aplicações industriais! Menos que qualquer pessoa, o engenheiro e o industrial não deveriam ignorá-lo. A que se reduziria o papel da indústria se não houvesse nenhuma degradação de energia nos fenômenos naturais, se realmente *nada* se perdesse? Se as transformações artificiais estivessem tão fáceis de serem produzidas como as transformações naturais, o problema da mão-de-obra não seria mais colocado. *O papel da indústria é precisamente de produzir transformações artificiais de energia.*” Uma boa gestão ecológico-econômica consistiria então, não em ir contra a inelutável degradação de energia, mas de a moderar: “Nós não podemos fazer girar o mundo a contracorrente, e parar a degradação de energia. Mas lá onde intervém o papel do homem razoável, é que ele pode, seguindo sua conduta, moderar ou precipitar a usura e a deterioração do mundo: sua ação pode ser reguladora ou nefasta. *Esta ação, por muito tempo perseguida, chega a não ser nem um pouco desprezível.*”

Este problema é sem nenhuma dúvida importante. A questão ecológica aparecerá provavelmente como a maior interrogação do século XX, como a questão social foi a maior questão do século XX. Encontraremos na obra de Nicholas Georgescu-Roegen uma argumentação consistente, apoiada sobre um duplo conhecimento da física e da economia, que visa a nos fazer refletir sobre as consequências humanas da segunda lei da termodinâmica²². A moral

²¹ Bernard Brunhes, *A degradação da energia*, Paris, Flammarion, 1909 (reed. 1991), p. 209-211.

²² A argumentação de N. Georgescu-Roegen é principalmente fundada sobre o que ele chama a “a quarta lei da termodinâmica”, segundo a qual “em todo sistema fechado, a matéria utilizável se degrada irremediavelmente em matéria não-utilizável” (isto é, em “partículas de matéria que se encontram dissipadas sem possibilidade de serem reagrupadas em utilizável”). Dito de outra forma, mesmo admitindo um fluxo energético solar infinito (a

essencial que se depreende desta obra se situa no prolongamento direto da citação de Bernard Brunhes: o homem não deve considerar seu meio ambiente natural como uma riqueza inesgotável; sua atividade industrial desordenada acelera perigosamente o crescimento da entropia; é tempo de planificar um “decrescimento” racional para estabelecer uma sociedade menos produtiva de neguentropia.

Assim, se a energia (ou antes, a neguentropia) está no centro da proposta de Nicholas Georgescu-Roegen, é porque ela constituiria o recurso raro por excelência, da qual a sociedade deveria aprender a gerir o inevitável esgotamento. A segunda lei da termodinâmica, que prevê um crescimento inelutável da entropia, aparece como um argumento físico inevitável, donde o economista deveria ter em conta. O problema não é com certeza tão simples, pois, como o enfatiza claramente André Lapidus, o horizonte temporal da física não é o mesmo das sociedades humanas: “Afirmar que o Sol dá nascimento a um fluxo ilimitado de baixa entropia é uma proposição economicamente plausível, mas fisicamente errônea. De um ponto de vista físico, voltaria a se considerar o Sol como um estoque infinito. Em compensação, o economista aceitará de bom grado a ideia de um fluxo constante e ilimitado de baixa entropia, se a esperança de vida das sociedades humanas, isto é, a definição temporal dos problemas que ele tenta resolver, é significativamente inferior a duração de vida desse fluxo.

Um raciocínio similar se aplica as duas outras fontes de baixa entropia, os estoques de energia e de matéria de origem terrestre. Fisicamente, elas são incontestavelmente grandezas finitas. Mas e economicamente? Para que a resposta seja positiva, deveria ser que os limites impostos às imposições neguentrópicas fixem um prazo a vida das sociedades humanas. Difícil aposta...²³”.

Assim o argumento físico não poderia em si impor uma norma de valor ao economista. É através de uma interrogação a qual a física não poderia responder: a neguentropia é um bem economicamente raro? Que, no caso de uma resposta afirmativa, esta grandeza física deve a justo título constituir a base de uma ciência econômica. Existe então uma escolha filosófica de uma norma de valor, também legítima, mas também discutível segundo tudo aquilo que nos propõe a história do pensamento econômico. Da

escala das sociedades humanas), o homem é confrontado com o caráter absolutamente raro dos recursos de matérias terrestres (Cf. N. Georgescu-Roegen, *A degradação entrópica...*, op. cit.).

²³ André Lapidus, *Uma metodologia para as ciências sociais: a termodinâmica? Entropia*, op. cit.

teoria fisiocrática a teoria neoclássica, a escolha de uma norma é eminentemente relativa às questões que, além dos economistas, a sociedade se coloca.

Sob formas diversas, essas questões podem ser reduzidas às duas interrogações fundamentais que estão no centro de todo pensamento econômico: o que é útil ao homem, o que custa ao homem? Para os “ecológico-economistas” o acento é colocado sobre a utilidade de nosso meio-ambiente natural, sobre o custo absoluto que representa sua usura. Energia

e entropia não são senão os instrumentos teóricos colocados a serviço deste questionamento. Mas temos visto que esses mesmos instrumentos poderiam ser colocados a serviço de um questionamento muito diferente, segundo Ernest Solvay por exemplo.

Este desvio pelas teorias energetistas do valor vai nos permitir agora concluir que as relações entre pensamentos físico e econômico, tal que eles se desprendem em particular da teoria mecânica do trabalho.

o trabalho: economia e física

1780 | 1830

Parte 6: conclusão: a economia e a física

Autor: François Vatin

Tradução: Agamenon R. E. Oliveira

Os avatares da teoria energetista do valor mostram indiscutivelmente que a física não pode por ela mesma resolver a questão econômica, mas igualmente que a pesquisa de uma medida física dos fenômenos econômicos não deve ser rejeitada por princípio. Todo fenômeno econômico se realiza sobre um “substrato” físico e deste fato medidas que interessam aos economistas são de natureza física: pesos, volumes, distâncias, tempo... A economia, que estuda as relações dos homens com as coisas, não pode ignorar a física.

O que pertence de verdade à economia não é a natureza dos objetos concretos que ela considera, mas através e pelos quais ela os considera – isto é, a questão do valor. O que diferencia entre eles as teorias econômicas é, de início, a escolha desta norma de valor, ou seja, como temos resumido, a resposta a dupla questão: o que é útil ao homem, o que custa ao homem? A norma de valor adotada aparece assim como um instrumento de medida relativo às respostas que lhes damos a estas questões. Em uma teoria econômica bem-sucedida, esta norma de valor permitirá medir simultaneamente o que é útil e o que custa ao homem, seja o que ele produz e o que ele gasta. Poderemos então conceber um instrumento de cálculo fundando escolhas “racionais”, seja uma “norma de eficiência”: produtividade, rentabilidade, rendimento etc., que pode sempre se definir como uma relação, estabelecida de maneira mais ou menos complexa, do produto sobre o dispêndio.

Assim, nos parece que a economia é definida pela operação de “gestão”, que ela opera em nível de indivíduo, de um grupo social (empresa, nação etc.), mas também de um conjunto ecológico ou de toda outra unidade definível em função das necessidades e dos custos humanos. Esta gestão repousa sempre sobre a definição de uma norma de valor e de uma norma de eficiência que daí se depreende. Neste sentido, os físicos nos quais estamos interessados utilizam bem a economia e elaboram mesmo, com os conceitos de trabalho e de rendimento mecânico, uma teoria econômica particularmente bem construída. Certamente, o campo de seu questionamento é limitado e a pertinência do sistema que eles construíram é estreitamente circunscrito.

Mas seu dispositivo teórico responde perfeitamente à questão que eles colocam: a da economia da máquina como sistema de transmissão de força. O dispêndio, recurso raro que devemos economizar, é aqui o movimento mecânico, pois a quantidade disponível é dada, como no modelo de referência que é o da queda d’água. O produto é a operação útil às necessidades que o homem elabora com a matéria. O fundamento da teoria do trabalho é de mostrar que este produto e este dispêndio podem se medir na mesma unidade. O rendimento mecânico aparece como norma de eficiência desta dupla medida.

Será um erro negar o caráter econômico desta construção teórica em razão do campo limitado de

sua pertinência. Segundo a concepção corrente da economia, o trabalho dos engenheiros físicos ressaltou a “tecnologia”, corpus de saber pragmático, capaz, sobre a base de um saber físico, de definir os critérios de eficiência técnica, que servirão de base para os cálculos de rentabilidade dos economistas, os quais articularam esses resultados aos dados do mercado expressos pelos preços¹. Esta concepção de economia é, em nossa opinião, muito restritiva e paradoxalmente e, em vista disso, fisicalista. Ela leva a que se considerem os cálculos técnicos como dados objetivos que o saber físico imporá sobre a economia, seja para negar a escolha normativa que precede necessariamente todo cálculo de eficiência e que faz do tecnólogo um economista sem o seu conhecimento. Tal concepção de economia reduz tudo a transações monetárias, leva notadamente a esvaziar de seu campo de competência todas as trocas internas a firma, o que explica o fraco desenvolvimento, ainda hoje, da teoria econômica da empresa.

Se admitirmos em compensação nosso ponto de vista, a dimensão econômica da mecânica do trabalho não produzirá nenhuma dúvida. Nós esperamos ter desenvolvido claramente esta tese no conjunto deste nosso trabalho. Nós gostaríamos, contudo, de voltar um instante a esta conclusão, tomando um exemplo que constitui provavelmente a figura ideal da mecânica do trabalho: o carneiro hidráulico, máquina inventada pelos irmãos Montgolfier no fim do século XVIII e que inspirou fortemente os engenheiros mecânicos nos quais estamos interessados. Esta máquina, instalada a jusante de uma queda d’água, estando destinada a fazer bombear a água sobre o declive oposto da montanha graças aos choques mecânicos produzidos pela queda (“golpes do carneiro”). O exemplo é excelente em razão da perfeita homogeneidade do dispêndio e do produto esperado: descida ou elevação de certa quantidade d’água a certa altura. Podemos ver, sem esforço, que tanto o produto como o dispêndio podem se medir em “trabalho”, produto de um peso de água por certa altura, e que o rendimento mecânico do carneiro (muito ruim) se depreende imediatamente desta dupla medida.

Mas este resultado não tem valor “objetivo” senão relativamente ao problema que temos construído sobre uma base “econômica” ao identificar o dispêndio e o produto. Em particular, é bem claro que este “rendimento” não tem sentido porque consideramos implicitamente que o valor da água

¹ Esta fronteira entre a tecnologia e a economia é posta, por exemplo, no manual de referência de Jacques Lesourne, Técnica econômica e gestão industrial, Dunod, 1958, p. 2 a 8.

embaixo do declive é nulo. Ou, como regra geral, esta água será igualmente valorizada (consumo, irrigação); se queremos ter em conta essa valorização da água embaixo, deveremos encontrar uma medida comum da água elevada e da água recolhida embaixo, medida que não pode ser o “trabalho”; dito de outra forma, deveremos definir um outro critério de valor.

Por meio deste exemplo, nós não queremos dizer que o cálculo dos engenheiros mecânicos (mecanicistas, em francês) é falso. É simplesmente relativo a um problema estreitamente circunscrito, não por um critério físico como teríamos a tendência a pensar muito rapidamente, mas por um critério de valor, uma operação de pensamento econômico. Levar em conta o pensamento econômico implícito de toda tecnologia é, em nossa opinião, uma necessidade imperiosa. Isso consideraria provavelmente as escolhas técnicas mais difíceis, pois os cálculos dos técnicos perderiam objetividade, que é cômodo de reconhecê-los, mas evitaria muito as desilusões quanto às más escolhas, pretensamente técnicas, e que foram de fato econômicas.

Pensar os cálculos tecnológicos como econômicos não retorna de forma nenhuma a colocar a economia sob a dominação indiscutível das “leis” físicas. Isto conduz, ao contrário, a relativizar os resultados desses cálculos. Expulsar a norma de valor subjacente aos cálculos técnico-econômicos não leva a deduzir que eles seriam “falsos”, mas permite simplesmente ressaltar o campo mais ou menos estreito de sua pertinência. O erro neste domínio será pensar em encontrar uma medida de valor absoluto e indiscutível, porque fundado sobre um saber físico, através do qual não tem escapado todos os “partisans” de uma teoria energetista do valor².

Ao estudar a mecânica do trabalho como pensamento econômico, nosso objetivo não era de forma nenhuma de expor tal medida absoluta e universal, mas simplesmente de mostrar que dentro do corpus físico-técnico uma norma de valor econômico foi bem no trabalho. A questão nos parece interessante do ponto de vista da história das ciências, mas não é sem importância prática, quando sabemos o papel que jogam ainda hoje nas decisões industriais as normas mecânica e termodinâmica do rendimento.

² Nossa concepção do econômico conduz assim a denunciar um economicismo paradoxal em autores, tais como René Passet (op. cit.), que entendem denunciar a hegemonia de um pensamento econômico reducionista. Com efeito, este último se dá por projeto, ao elaborar uma teoria energetista do valor, de definir normas de gestão em nível da biosfera, que englobariam as normas reducionistas da economia ordinária. Longe de reduzir o campo do econômico, como queria o autor, tal projeto o estende se, como nós, se pensa que o econômico se definiu.

Efemérides

Resumo dos principais acontecimentos da ABCM desde o ENCIT 2020

17 de novembro de 2020

Membros da ABCM entre os cientistas mais influentes do mundo

De acordo com a publicação do *Journal Plos Biology*, na lista dos “100 mil cientistas mais influentes no mundo” se encontram 12 membros da ABCM.

A ABCM parabeniza e homenageia a todos os membros da Comunidade ABCM que foram mencionados na lista dos “100 mil cientistas mais influentes no mundo”. Este estudo foi realizado por uma equipe da Universidade de Stanford (EUA), classificando os cientistas em 22 campos do conhecimento científico e 176 subcampos. Ter parceiros e colegas com tamanha importância em suas respectivas áreas diz respeito à dedicação e qualificação destes profissionais.

Nesta lista estão:

- Alves, M. > USP
- Cotta, Renato M. > UFRJ
- de Souza Mendes, Paulo R. > PUC|Rio
- Hermes, Christian J. L. > UFSC
- Ismail, Kamal A. R. > UNICAMP
- Nelli Silva, Emílio C. > USP
- Orlande, Helcio R. B. > UFRJ
- Reis, João. M. L. > UFF
- Ribatski, Gherhardt > USP
- Ruggieri, Claudio > USP
- Savi, Marcelo A. > UFRJ
- Su, Jian > UFRJ

22 de janeiro de 2021

João Luiz Filgueiras de Azevedo é eleito presidente do ICAS

O ex-diretor e atual conselheiro da ABCM Prof. João Luiz Filgueiras de Azevedo assumiu, no início de janeiro, a presidência do International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS). Membro do comitê executivo do ICAS desde 2012, Azevedo é o primeiro brasileiro eleito presidente da entidade e terá mandato de dois anos.

“O Brasil é membro do ICAS há muitos anos, representado pela Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM) desde 1992. O país também possui a terceira maior fabricante de aeronaves no mundo, que é a Embraer. Minha indicação à presidência da entidade é reflexo da importância do Brasil no setor aeronáutico mundial”, disse Azevedo à Agência FAPESP.

Alguns dos planos do pesquisador à frente do ICAS são assegurar a continuidade da agenda de atividades da entidade, que é patrocinada por empresas do setor aeronáutico, um dos mais afetados pela pandemia de COVID-19, e aumentar a presença virtual da associação.

12 de fevereiro de 2021

Iniciadas as obras da nova Sede



A nova sede, localizada na Praça Tiradentes, irá acomodar funcionários, propiciando melhores condições de atendimento àqueles que procuram a Secretaria Executiva. A nova Sede terá espaço adequado para a realização das reuniões da Diretoria e do Conselho da ABCM, além de cursos presenciais. Também contará com espaço adequado para o acervo da ABCM.

Devido à pandemia da COVID-19, os atendimentos da ABCM seguiram sendo feitos de forma remota.

5 de abril de 2021

COBEM 2021 digital

Com as incertezas a respeito da evolução da pandemia de COVID-19 no Brasil e no mundo indicando a baixa probabilidade de uma melhora significativa nas condições para a realização de um evento presencial em novembro de 2021, considerando razões de saúde e humanitárias, determinaram que a Comissão Organizadora com apoio da Diretoria da ABCM decidiu pela realização on-line do evento

15 de abril de 2021

Resultado do Programa de Bolsas de Iniciação Científica da ABCM, 3ª Edição

Foram submetidos 16 pedidos de Bolsa. Desde a criação do programa, este o ano foi o que teve o maior número de candidatos, ao todo 16.

O Comitê Avaliador teve a seguinte composição:

1. Mariana Finamor
(Aluna da UFGD e Presidente da ABCM Jovem)
2. Fernando Alves Rochinha (Professor da UFRJ)
3. Christian Johan Losso Hermes (Professor da UFSC)
4. Leonardo Santos de Brito Alves (Professor da UFF e Diretor Secretário da ABCM)

Os classificados, em ordem alfabética, foram:

1. Aluna: Érika Barbosa Oliveira
Orientador: Cristiano Bigonha Tibiriçá
Instituição: USP|EESC
2. Aluno: Guilherme Lopes Brandão
Orientador: Carlos Henrique Lauro
Instituição: UFSJ
3. Aluno: Guilherme Rodrigues Cardoso
Orientador: Andrés Armando Mendiburu Zevallos
Instituição: UFRGS
4. Aluna: Iane Aires Nolêto
Orientador: Renato Picelli Sanches
Instituição: USP|Poli
5. Aluno: José Pereira Ramos Júnior
Orientador: Rene Quispe Roriguez
Instituição: UFSM

6. Aluna: Kimi Shibuya Portugal
Orientador: Paulo Vinicius Trevizoli
Instituição: UFMG

7. Aluno: Lucas Antonio Pinheiro Silva
Orientador: Lucas Visbôa Vignoli
Instituição: UFRJ

8. Aluno: Luiz Eduardo Rodrigues Vieira
Orientador: Leonardo Rosa Ribeiro da Silva
Instituição: PUC|PR

9. Aluno: Roberto Luo Yuan Cai
Orientador: Americo Barbosa da Cunha Junior
Instituição: UERJ

10. Aluno: Tarcio Cardoso Barros
Orientador: Alisson Augusto Azevedo Figueiredo
Instituição: UEMA

01 de junho de 2021

Falecimento do Professor Sergio Mascarenhas



A Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas - ABCM expressa seus sentimentos pelo falecimento do Prof. Sérgio Mascarenhas de Oliveira, excelente pessoa e pesquisador, que muito fez pela ciência.

Formado em Física (1952) e em Química (1951) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi Professor Titular da Universidade de São Paulo, Instituto de Física e Química de São Carlos e Professor visitante nas Universidades de Princeton, Harvard, MIT (EUA), Universidad Nacional Autónoma e Centro de Estudios Avanzados (México), Institute of Physical and Chemical Research (Japan), London University (RU), International Centre for Theoretical Physics (Trieste) e Universidade de Roma (Itália).

Fundou e dirigiu o Instituto de Física e Química de São Carlos, USP. Fundou e dirigiu o Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária em São Carlos (EMBRAPA). Cooperou na fundação da Universidade Federal de São Carlos e na criação do curso de Engenharia de Materiais.

Recebeu os seguintes prêmios: Comendador da Ordem Nacional do Mérito Científico (Presidência da República); Gugenheim Award (EUA); Fullbright Award (EUA); Yamada Foundation Award (Japão); Professor Emérito do Instituto de Física e Química de São Carlos (IFQSC|USP); Professor Emérito e Cátedra Honorária M. Vallarta (UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México).

Doutor “honoris causa” pela Universidade Federal de São Carlos, UFSCar em 2012. Doutor “honoris causa” pela Universidade Federal de Pernambuco, UFPE em 2013.

9 de julho de 2021 Aumento no impacto do BMSE

A Editora Springer Verlag comunicou o aumento das métricas de impacto do *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* (JBSMSE).

Scopus CiteScore 2020:

3.2 (19% acima de 2.7 em 2019)

Clarivate JCR Impact Factor 2020:

2.220 (26% acima de 1.755 em 2019)

Normalized Eigenfactor 2020:

1.292 (156% acima de 0.505 em 2019)

27 de julho de 2021 Crash da Plataforma Lattes. Lattes e Carlos Chagas fora do ar

No dia 27 de julho pesquisadores de todo o Brasil encontraram a Plataforma Lattes fora do ar. Essa situação também atingiu a Plataforma Carlos Chagas. Tratando-se do maior repositório de currículos e grupos de pesquisa do Brasil e do acesso ao sistema de solicitação de apoio à pesquisa, a situação encontrada trouxe preocupação a toda a comunidade científica brasileira no momento em que muitos pesquisadores se preparavam para submeter pedidos de auxílio e bolsas de pesquisa.

Após 15 dias o sistema foi restaurado sem que perdas de dados fossem comunicadas. Os prazos para submissão de propostas foram estendidos.

24 de setembro de 2021 Prof. Rubens Sampaio Filho é Laureado com o Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr. > 2021

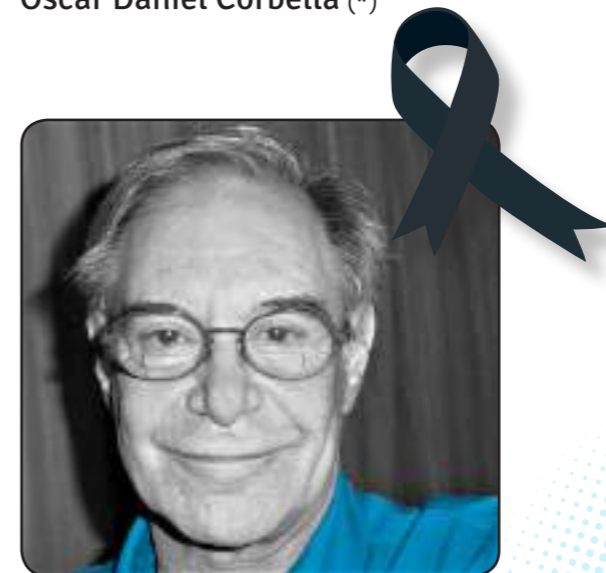


A Comissão Julgadora designada para avaliar as indicações ao Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr., Edição 2021, concluiu seus trabalhos e indicou o Prof. Rubens Sampaio Filho para receber o prêmio, com o seguinte parecer:

Inicialmente, a Comissão Julgadora declara que todos os candidatos indicados por membros da Comunidade Científica foram considerados plenamente qualificados a receberem o Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr., Edição 2021, por “suas contribuições para o desenvolvimento da engenharia e ciências mecânicas no Brasil em termos de conquistas científicas e/ou tecnológicas, formação de recursos humanos, gestão científica, tecnológica e acadêmica, divulgação e popularização da Ciência, e internacionalização da Ciência brasileira.”, conforme estabelecido no Edital da ABCM. A Comissão considerou que a avaliação das contribuições de docentes-pesquisadores de tão alto gabarito deva ir além da apreciação de quesitos quantitativos, sendo imperativo apreciar o impacto de suas obras sobre a Ciência brasileira de forma também qualitativa, em perspectiva ampla. Com base nesta premissa, a Comissão faz a indicação do Prof. Rubens Sampaio Filho para receber o Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr., Edição 2021, em apreciação de seu amplo e duradouro legado em prol da Ciência brasileira, legado este marcado por notável atuação na formação de recursos humanos, em especial, de pesquisadores que constituem lideranças científicas, além da formação de escolas de pensamento em áreas diversificadas da Matemática Aplicada e das Ciências Mecânicas no Brasil.

O prêmio será entregue ao laureado durante a realização do COBEM 2021, no período de 22 a 26 de novembro de 2021.

21 de setembro de 2021 Falece no Rio de Janeiro o Prof. Oscar Daniel Corbella (*)



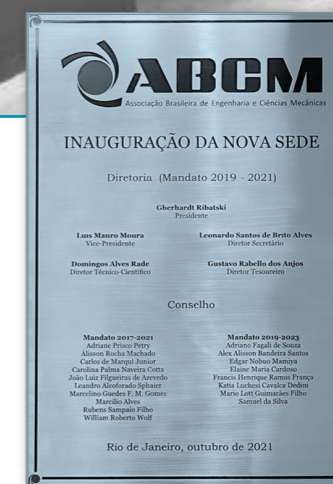
Faleceu em 21 de setembro de 2021, aos 85 anos, no Rio de Janeiro, o Prof. Oscar Daniel Corbella. O Prof. Corbella graduou-se em física no Instituto Balseiro, Argentina, em 1963 onde, após duas especializações em outras instituições, também concluiu o seu doutorado, em 1969. Inicialmente, foi professor e pesquisador na área de física teórica nas Universidades Nacionais de Cuyo, Córdoba e Rosário, Argentina. Na intenção de atuar de forma mais direta na interação entre energia e meio ambiente, percebeu que o seu local de trabalho deveria ser na engenharia, o que o levou a mudar-se para o Brasil em 1977, com sua esposa e um casal de filhos, onde fundou o Laboratório de Energia Solar da UFRGS, em Porto Alegre, e fixou-se no Departamento de Engenharia Mecânica. Em 1981 realizou seu pós-doutorado no International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Itália. Mais tarde, seu vigor científico e entusiasmo acadêmico levaram-no a liderar os esforços para a criação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da UFRGS, em 1986, tendo sido o seu primeiro Coordenador. Orientou dissertações e teses de muitos professores e pesquisadores que deram continuidade aos seus ideais, em várias universidades brasileiras. Pouco a pouco, concentrou-se na área de energia solar

na habitação, eficiência energética, habitabilidade e urbanismo. Colocando-se novamente na estrada, em 1988 mudou-se para o Rio de Janeiro, passando a atuar no Programa de Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, onde continuou de forma intensa a formar novos pesquisadores. O Prof. Corbella era assim, uma mente à frente do seu tempo, plural, conforme o pensamento científico universal, e sem fronteiras.

(*) Texto de autoria do Prof. Horácio A. Viélmo.

21 de outubro de 2021 Inauguração da Nova Sede da ABCM

A inauguração da Nova Sede ocorreu em cerimônia apenas com a participação dos membros da Diretoria e colaboradores da ABCM, devido às restrições impostas pela pandemia. A sede própria da ABCM situa-se na Praça Tiradentes, nº 10, 9º andar, de frente à Praça Tiradentes, a poucos metros da Estação Praça Tiradentes do VLT.





eventos ABCM 2022



XXVIII CREEM

Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica

Santa Maria - RS

CREEM 2022

XXVIII CREEM

Congresso Nacional dos Estudantes de Eng. Mecânica

Data: 09 a 13 de maio de 2022

Local: UFSM | Univ. Federal de Santa Maria

Santa Maria - Rio Grande do Sul

<https://eventos.abcm.org.br/creem2022/>



ENEBI 2022
ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA BIOMECÂNICA

ENEBI 2022

7º Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica

Data prevista (passível de ser alterada) : 03 a 06 de maio de 2022

Local : UFG | Universidade Federal de Goiânia

Goiânia - Goiás

CONEM 2022

XI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica

Data prevista: agosto de 2022

Local: UFPI | Universidade Federal do Piauí

IFPI | Instituto Federal do Piauí

Teresina - Piauí



CONEM 2022



MECSOL 2022

8th International Symposium on Solid Mechanics

Data: 17 a 19 de outubro de 2022

Local: UNICAMP | Univ. Estadual de Campinas

Campinas - São Paulo

<http://eventos.abcm.org.br/mecsol2022/>



ENCIT 2022

19th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering

19th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering

Local: Bento Gonçalves - Rio Grande do Sul

Período: 06 a 10 de novembro de 2022

<https://eventos.abcm.org.br/encit2022/>

expediente

Revista ABCM Engenharia

publicação impressa | ISSN 2237-9851

Volume 24, número 1, 2021

Editoria da Revista ABCM Engenharia

Sergio Viçosa Möller, Editor

svmoller@ufrgs.br

A Revista **ABCM** Engenharia é uma publicação da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas - **ABCM** que visa informar seus membros sobre atividades promovidas pela associação e notícias de interesse geral e ampliar a comunicação entre a Diretoria, o Comitê Editorial, os Comitês Técnico-Científicos e os associados.

Diretoria e Conselho Deliberativo

A Direção da Associação é composta pela Diretoria e pelo Conselho. Estes órgãos colegiados são constituídos por representantes dos membros da **ABCM**, eleitos por um período de dois e quatro anos, respectivamente.

Secretária Executiva

Débora Estrella

Praça Tiradentes, 10|9º andar - Centro

20060-070 - Rio de Janeiro - RJ

Tel: (0 xx 21) 2221 0438

Fax: (0 xx 21) 2509 7128

abcm@abcm.org.br

<http://www.abcm.org.br>

Diretoria Biênio 2019-2021

Prof. Gherhardt Ribatski | EESC/USP

Presidente

Prof. Luís Mauro Moura | PUCPR

Vice Presidente

Prof. Domingos Alves Rade | ITA

Diretor Técnico-Científico

Prof. Leonardo Santos de Brito Alves | UFF

Diretor Secretário

Prof. Gustavo Rabello dos Anjos | UERJ

Diretor Tesoureiro

Conselho: Mandato 2020|2023

Efetivos

Francis Henrique Ramos França | UFRGS

Katia Luchesi Cavalca Dediní | UNICAMP

Edgar Nobuo Mamyia | UnB

Elaine Maria Cardoso | UNESP

Samuel da Silva | UNESP

Mandato 2019|2021

Efetivos

João Luiz Filgueiras de Azevedo | DCTA/IAE/ALA

Leandro Alcoforado Sphaier | UFF

Carlos de Marqui Junior | EESC-USP

Álison Rocha Machado | PUC-PR

Carolina Palma Naveira Cotta | COPPE/UFRJ

Suplentes

Marcilio Alves | POLI-USP

Adriane Prisco Petry | UFRGS

William Roberto Wolf | UNICAMP

Marcelino Guedes F. Mosqueira Gomes | PETROBRAS

Rubens Sampaio | PUC-Rio

Comissões permanentes

Admissão

Gustavo Rabello dos Anjos | UERJ

Francesco Scofano Neto | IME

Stephan Hennings Och | PUC-PR

Ciência e Tecnologia

Domingos Alves Rade | ITA

José Roberto de França Arruda | UNICAMP

Francis Henrique Ramos França | UFRGS

Divulgação e Publicações

Leonardo Santos de Brito Alves | UFF

Sergio Viçosa Möller | UFRGS

Antônio José da Silva Neto | UERJ

Ensino e Difusão de Pesquisa

Luís Mauro Moura | PUCPR

Su Jian | UFRJ

Valder Steffen Júnior | UFU

Intercâmbio Institucional

Domigos Alves Rade | ITA

João Luiz Filgueiras de Azevedo | ITA

Renato Machado Cotta | UFRJ

Projeto Gráfico

JG música e design

adageisa4@gmail.com

Fotos e vetores: banco de imagens:

(shutterstock | allfreedownload)

