



volume 20 . número 2 . 2017\_ISSN 2237-9851

# ABCeM

Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas

**Quatro anos  
de ABCeM**  
Sergio Viçosa  
Möller

**O Submarino  
Nuclear e os  
Desafios  
Estratégicos**  
José Augusto  
Abreu de Moura

**20 anos de  
certificação  
de SPIE**  
Roberto Odilon  
Horta

**COBEF 2017**  
Adriano Fagali  
de Souza

**O Trabalho  
Economia e  
Física**  
1780|1830  
François Vatin  
Tradução:  
Agamenon  
R. E. Oliveira

**Agenda ABCeM**

# Palavra do presidente

Sergio Viçosa Möller

Presidente ABCM  
Biênios 2013-2015 | 2015-2017

## Troca da guarda

Este número simboliza um importante momento de nossa Associação: o final do processo eleitoral com a escolha e posse de uma nova Diretoria. Para marcar este fato, dois artigos, um relatando os últimos quatro anos, o outro com as perspectivas para os próximos anos estão presentes neste número da ABCM Engenharia.

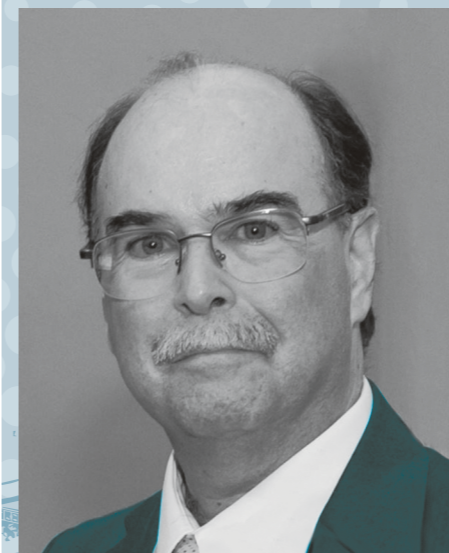
Marcamos também o desenvolvimento tecnológico, com um artigo do importante projeto desenvolvido por nossa Marinha, que é o submarino nuclear. Por que fazê-lo? Quais os desafios e o avanço científico e tecnológico que trará ao nosso Brasil.

Celebramos neste ano um acordo de cooperação com o IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. O papel do IBP no desenvolvimento da tecnologia do petróleo e do gás trouxe avanços nas áreas de segurança do trabalho, com a constante evolução da NR-13, Norma Regulamentadora que trata de Caldeiras, Vasos Pressão e Tubulações, Portaria 1.084 do Ministério do Trabalho, mais especificamente do SPIE – o Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos, conceito inovador que completou 20 anos de existência em 2017.

Precisamos aprender a olhar nossos congressos no sentido de buscarmos o aprendizado neles contidos. Uma reflexão sobre o COBEF2017, novas ideias e o seu futuro, pode ser vista como inspiração para a organização dos futuros eventos ABCM.

Por fim iniciamos um novo projeto: a publicação do livro “O Trabalho: economia e física 1780/1830” de autoria do professor da Universidade de Paris, François Vatin com tradução de nosso Colega Agamenon Oliveira. Este primeiro fascículo estão a Introdução, com o caminho que levou à esta Obra e o primeiro capítulo, abordando a Física do trabalho e economia da produção.

Boa leitura!



e petróleo da  
ca vai consumir  
de 2022

Deslocamento	4 m t
Comprimento	100 m
Tripulação	100 p
Diâmetro	8 m
Altura máxima	17 m
Velocidade	25 nós (45 km/h)
Profundidade	350 m
Autonomia	limite
Armamento	Torpedos e Mísseis
Extra	Capacidade para lançamento de Forças

Reator

Comparações

2019

2018

Francçois Vatin



- 01** Palavra do presidente  
Sergio Möller
- 03** Compromissos  
Gherhardt Ribatski
- 07** Quatro anos de ABCM  
Sergio Viçosa Möller
- 13** O Submarino Nuclear e os Desafios  
Estratégicos do Brasil  
José Augusto Abreu de Moura
- 21** 20 anos de certificação de SPIE  
Roberto Odilon Horta
- 23** COBEF 2017 | O Congresso Brasileiro  
de Engenharia de Fabricação e o  
desenvolvimento industrial no Brasil  
Adriano Fagali de Souza
- 25** O Trabalho - Economia e Física -  
1780|1830  
Autor: François Vatin  
Tradução: Agamenon R. E. Oliveira
- 39** Eventos ABCM 2018
- 40** Expediente

## Compromissos

Gherhardt Ribatski  
Presidente da ABCM, Biênio 2017-2019



Já se passaram mais de 40 anos, quando um grupo de professores visionários se reuniram no COBEM de 1973 realizado na UFRJ e presidido pelo Prof. Luis Bevilaqua, e decidiram pela criação de uma associação que congregasse professores, pesquisadores e

engenheiros interessados nas ciências mecânicas. Esta entidade, inicialmente denominada de Associação Brasileira de Ciências Mecânicas veio a ser criada em 1975 e, posteriormente, denominada como Associação Brasileira de Engenharia e Ciências

Mecânicas. Neste período, já conquistamos muito, a ABCM foi um instrumento importante para a consolidação da Engenharia e Ciências Mecânicas no Brasil. E vai além disso, nossa Associação é hoje um instrumento fundamental para novas conquistas. E o dinamismo alcançado durante estes anos de árduo trabalho se revela fundamental para a manutenção desta obra associativa.

Assim, torna-se inevitável relatar que humildade, satisfação e responsabilidade definem o início da gestão da nova Diretoria. Nós, professor Luís Mauro Moura (vice-presidente), professor Leonardo Santos de Brito Alves (diretor Secretário), professor Gustavo Rabello dos Anjos (diretor Tesoureiro), professor Domingos Alves Rade (diretor de Técnico-Científico) e eu, Gherhardt Ribatski, como presidente, recebemos esta missão com plenitude, ética e gratidão, fazendo jus à confiança em nós depositada.

Nos próximos 24 meses deixaremos a nossa parcela de contribuição à nossa Associação e daremos continuidade ao processo de consolidação de iniciativas de gestões anteriores de forma a contribuir para o desenvolvimento da área de Engenharia de Ciências Mecânicas no Brasil.

Neste contexto, vale ressaltar os objetivos estabelecidos pelo Art. 2º do Estatuto da ABCM, segundo o qual nossa Associação “tem por finalidade congrega pessoas físicas e jurídicas, com interesse no desenvolvimento da Engenharia e das Ciências Mecânicas para:

- a. Contribuir para o desenvolvimento da Engenharia e Ciências Mecânicas no Brasil;
- b. Promover a pesquisa, intercâmbio e difusão do conhecimento na sua área de atuação;
- c. Estimular um efetivo intercâmbio entre as Universidades, Centros de Pesquisa e a Indústria, no sentido de contribuir para o desenvolvimento;
- d. Estimular a divulgação do conhecimento em Engenharia e Ciências Mecânicas através da publicação de livros, textos, monografias, revistas e demais meios de comunicação;
- e. Promover o intercâmbio com Institutos e Associações Técnico-Científicas correlatas, do país e do exterior;
- f. Promover o conhecimento da Engenharia e das Ciências Mecânicas através de Congressos, Simpósios, Conferências, Cursos e Reuniões Técnico-Científicas;
- g. Realizar, pelo menos a cada dois anos, um congresso de Engenharia Mecânica de abrangência nacional.”

A diretoria eleita para o biênio 2018-2019 acredita que a consecução destes objetivos deva ser buscada por meio de forte atuação dos comitês técnicos, com marcante participação do Conselho e todos os associados. Além disso, crê que a Associação deva buscar contribuir para a adoção de políticas públicas que visem o progresso científico-tecnológico e socioeconômico do Brasil, mediante interlocução com órgãos governamentais responsáveis pela política de ciência e tecnologia e de educação superior, associações de classe afeitas às áreas de atuação da ABCM e outras associações científicas a ela assemelhadas.

Os membros da diretoria eleitos estão convencidos de que, dando sequência ao trabalho realizado pelas diretorias precedentes, o principal objetivo a ser buscado é o fortalecimento da Associação em seus diversos aspectos organizacionais e em sua atuação junto a seus associados e instituições parceiras. Para tanto, a diretoria eleita atuará norteada pelas seguintes ações descritas a seguir.

Continuar o aprimoramento e a expansão do Portal na internet e do Aplicativo ABCM, atualmente em fase de ajustes, pois acreditamos que este virá a ser um importante ambiente de interlocução entre a Associação e seus membros; o Portal deve servir como uma fonte eficaz de informações úteis aos associados, tais como palestras e minicursos gravados em vídeo, anúncios de oportunidades (bolsas e empregos), além de notícias e manifestações de natureza técnico-científica. Além disso, o Portal será consolidado como repositório permanente dos anais dos eventos promovidos pela Associação. Outra ferramenta que deverá ser aperfeiçoada é o sistema de gestão de eventos, que permitirá a uniformização dos procedimentos organizacionais dos eventos científicos da ABCM, além da redução de custos e da carga de trabalho das comissões organizadoras.

No tocante às publicações da ABCM, a diretoria em colaboração com os editores, trabalhará no sentido de aumentar sua utilidade junto aos associados e difusão no seio da Comunidade. Atenção especial será dada ao Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, para o qual estudaremos políticas visando a melhoria de seus indicadores (fator de impacto e classificação no Qualis/CAPES), redução do tempo médio requerido para publicação de artigos e aumento do número de artigos publicados por ano.

É fato que os eventos ABCM têm perdido o interesse de uma parcela dos associados. Para reverter este cenário, a nova diretoria acredita ser necessário

incrementar a qualidade técnico-científica dos eventos e atrair a participação de membros seniores. Para isto, propõe-se implementar políticas que busquem estabelecer o tamanho adequado dos eventos, elevando os requisitos de qualidade para aceitação de trabalhos sem, contudo, comprometer a viabilidade financeira. Para a atração de pesquisadores seniores, será incentivada a criação, nos eventos ABCM, de atividades regulares como exposições, minicursos e mesas redondas de caráter técnico-científico e/ou de política de C&T&I. Propõe-se, ainda, a criação de um prêmio bianual a ser concedido a pesquisadores que tenham contribuído significativamente para o desenvolvimento da Engenharia e das Ciências Mecânicas no Brasil por meio de atividades de pesquisa, formação de recursos humanos e gestão universitária e de pesquisa.

Outro aspecto de destacada relevância é que somente o engajamento efetivo dos membros mais jovens e a filiação de novos membros assegurarão um futuro auspicioso à ABCM. Neste sentido, pretende-se empreender ações visando aumentar o número de associados, além de fomentar a criação do Capítulo ABCM Jovem, incentivar a participação de jovens pesquisadores junto aos comitês técnicos e propor ao Conselho mudanças no Estatuto de forma a incluir um Conselheiro representante dos membros estudantes. A atração de membros jovens se dará também por meio da promoção de competições da modalidade “desafio” nos eventos da ABCM, nas quais alunos de pós-graduação proporão soluções para problemas tecnológicos a serem apresentados por empresas patrocinadoras.

A diretoria reconhece a necessidade de se acentuar a internacionalização da Associação e tornar sua atuação mais efetiva junto à Sociedade. Para isto, buscaremos estabelecer e estreitar relações com instituições e associações científicas e de engenharia, tanto nacionais como estrangeiras, por meio da realização de eventos conjuntos e produção de material científico. Atenção especial será dada ao estabelecimento de parceria com a ABC, buscando diagnosticar dificuldades e implementar ações de forma a elevar o impacto da Engenharia e das Ciências Mecânicas do Brasil na indústria.

A nova diretoria reconhece que os objetivos apresentados são ambiciosos. No entanto, contamos com o apoio de todos os associados para alcançá-los, e assim contribuir para a progresso da Engenharia e Ciências Mecânicas no Brasil, ampliando a valorização e reconhecimento da nossa ABCM nos cenários nacional e internacional.



# Quatro anos de ABCM

Sergio Viçosa Möller

Presidente da ABCM  
biênios 2013-2015 | 2015-2017

*A vida anda depressa. Os dias passam a galope a nosso lado,  
como manada de corcéis desenfreados.*

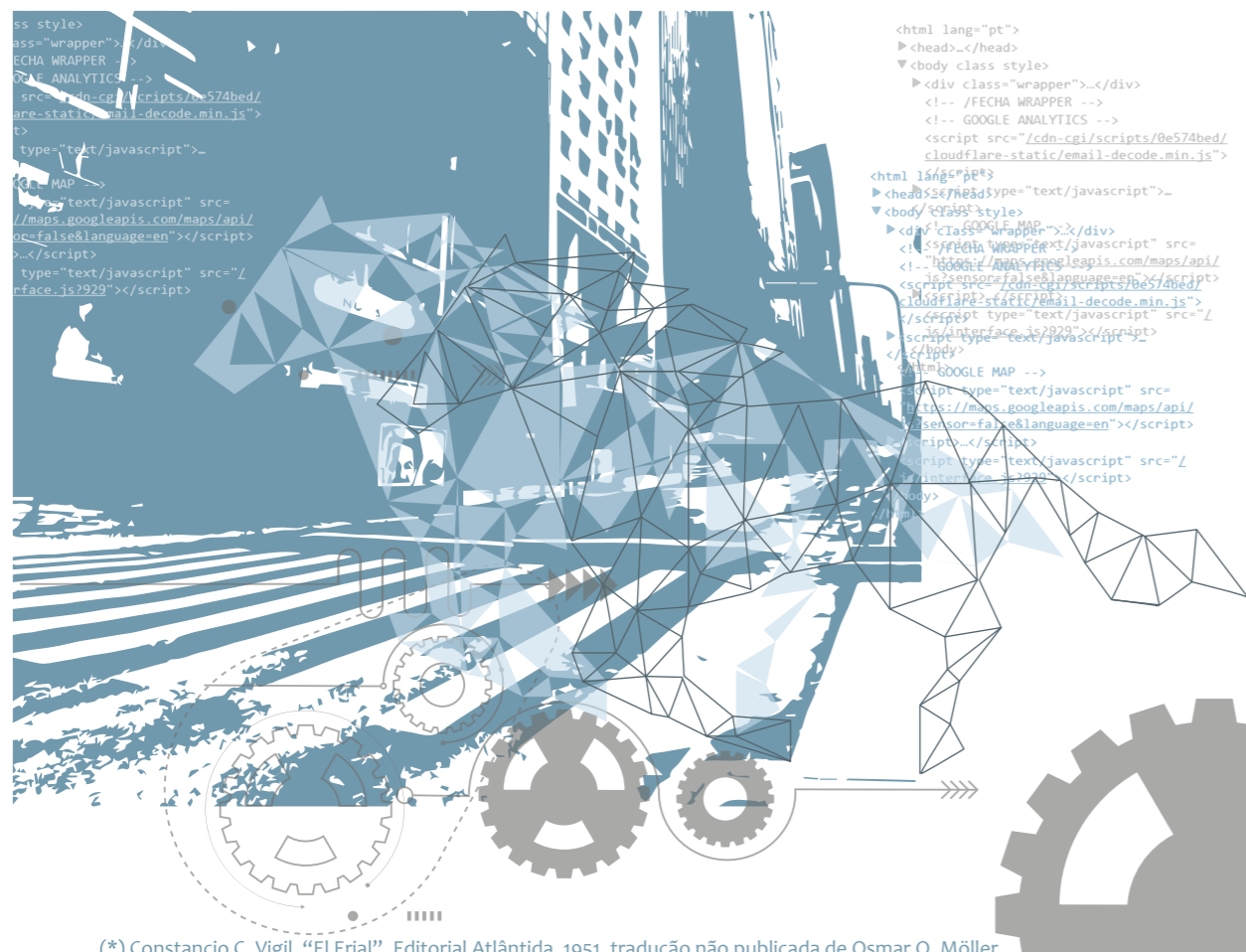
*Uns homens não fazem mais que se afastar e deixá-los passar.*

*Outros são derrubados e pisoteados como coisas.*

*Uns poucos saltam sobre os corcéis e agarrados fortemente às suas crinas*

*chegam à eternidade e voltam a passar ao nosso lado*

*como centauros do tempo. (\*)*



(\*) Constancio C. Vigil, "El Erial", Editorial Atlântida, 1951, tradução não publicada de Osmar O. Möller

Desde a posse em Ribeirão Preto até a data em que finalizo este texto, transcorreram-se três anos e 10 meses. É um bom momento de se perguntar sobre o que foi feito e o que se pretendia fazer nessas duas Gestões.

Sou um Engenheiro, eu construo coisas. Nesses quatro anos, tive o encargo de construir um pouco

mais da nossa Associação, continuando o trabalho dos que me antecederam e preparando as condições para os que vão me suceder.

Considero este cargo o ponto mais alto de minha carreira. Para mim, ter sido eleito Presidente, foi como receber uma condecoração que procurei honrar, executando o que propus, me dedicando

com afinco e elevado espírito acadêmico às coisas da ABCM e sua divulgação.

Creio que, nesses quatro anos, o que mais me surpreendeu foi o prestígio de nossa Associação. Onde estive, pude ver e sentir o respeito, carinho e admiração que colegas de outras instituições, parceiras ou afins, têm pela ABCM. Manter ou fazer crescer esse prestígio foi uma tarefa adicional às propostas.

Este texto é meio relatório, meio reminiscências desses quatro anos.

## O Portal ABCM, o Sistema de Eventos e o App

Nossas propostas para a primeira Gestão eram simples, talvez ambiciosas: dar a ABCM um Portal na internet onde seus Membros poderiam encontrar as informações sobre a Associação. Esse Portal deveria ter os anais dos eventos, informação e acesso às publicações, vídeos de palestras dos nossos eventos, sistema de pagamento de anuidades, fórum de discussões, sistema de eleições eletrônicas, acesso a um sistema de gerenciamento de eventos com os sites dos eventos integrados ao Portal; com a mesma aparência, mas com a personalidade de cada evento. Após consultar a algumas empresas, contratamos a MG Studio para o desenvolvimento do Portal.

A base do Portal foi o site desenvolvido ao final da gestão de Antônio Silva Neto, com o qual tive a honra de poder colaborar.

O resultado é um site que se adapta a qualquer configuração ou resolução de tela de computador ou smartphone, fornecendo de forma clara ao usuário as informações buscadas.

Esse foi um trabalho que nos ocupou quase toda a nossa primeira Gestão. Ao final de 2015, antes do início da segunda Gestão, todo o sistema estava pronto e operando. Por força do Estatuto, porém, não foi possível realizar as eleições eletrônicas naquele ano. A proposta de Diretoria apresentada ao Conselho naquele ano e aprovada na Assembleia Geral durante o COBEM 2015, permitiu que as eleições eletrônicas fossem realizadas em 2017. No entanto, o Portal estava operante e o Sistema de Eventos pronto para ser testado nos primeiros eventos. Em 2016 o Sistema de Eventos foi posto à prova nos eventos de menor porte e, finalmente, o primeiro grande teste no ENCIT 2016.

Evidente que um sistema como esse não opera

imediatamente livre de erros. Particularmente o sistema de eventos que é operado pelos organizadores dos eventos ABCM. A cooperação dos organizadores, através de suas reclamações, críticas e sugestões, transformou, e vai transformando, de forma muito rápida e contínua, o Sistema de Eventos em uma ferramenta eficiente para a administração de nossos eventos.

Criamos a área de Notícias para podermos apoiar institucionalmente eventos de outras instituições que reconhecem o prestígio da ABCM. Esse apoio, na forma de divulgação na página e nos Informes, permite também a divulgação da ABCM em outras comunidades, mormente aquelas ligadas ao setor industrial. Embora essa nova área no Portal tenha sido criada com a finalidade inicial de divulgarmos eventos para os quais a ABCM emprestou seu apoio institucional, é evidente que será mais um instrumento para a divulgação de notícias da Associação.

Ao final de 2016 veio o App, uma ferramenta moderna, para ser utilizada em smartphones e tabs, integrada ao Portal e ao Sistema de Eventos, capaz de permitir o acompanhamento das anuidades e dos eventos bem como fornecer aos Membros da ABCM uma identidade (carteirinha) virtual.

O Portal, o Sistema de Eventos e o App são propriedade e patrimônio da ABCM. Eles espelham a identidade de nossa Associação. Sua implantação está permitindo a construção de um banco de dados com Associados e não associados à ABCM, além de uma significativa redução de gastos com sistemas de gerenciamento de eventos, outros que não o da ABCM.

## Eventos

Nossos eventos são uma das razões da existência da ABCM. Por isso, o acompanhamento de cada um pela Diretoria, assim como a participação de pelo menos um membro nas cerimônias de abertura de cada evento, foi perseguida exaustivamente. Com o Portal e o Sistema de Eventos, a identidade visual e a divulgação dos eventos é naturalmente estabelecida: eventos ABCM são eventos ABCM.

Embora muitos saibam que meu primeiro congresso ABCM foi o III COBEM, no distante ano de 1975, eu poderia resumir meu entusiasmo pelos eventos ABCM através do CREEM. O primeiro CREEM em nossa gestão foi realizado na UFRJ (2014), com um número extraordinário de participantes. A partir dele, tomei a mim a tarefa de seu acompanhamento. Estive no CREEM de Campos dos Goytacazes (RJ) em

2015, organizado pela Universidade Cândido Mendes; no CREEM de Teresina (PI), em 2016, organizado pelo IFPI; e em Rio Grande, na minha terra, no CREEM organizado conjuntamente pela FURG e pelo IFRS-Campus Rio Grande. Um ponto em comum a todos eles: o entusiasmo dos jovens estudantes, e, para mim, a certeza de termos plantado uma semente.

Em memória a Marcos Pinotti, e cumprindo o que havíamos combinado pessoalmente, organizamos, juntamente com Paulo Schneider (UFRGS), um curso sobre Clusters Industriais, ministrado pela esposa de Pinotti, Evgeniya Shamis (Engenharia de Sistemas de Clusters: como conquistar e trabalhar com eles). Evgeniya Shamis tem PhD em Psicolinguística, é fundadora e CEO da empresa Sherpa S Pro e conselheira do Ministério de Economia, Comércio e Investimento da região de Samara na Rússia. Esse curso, promovido pela ABCM, teve o apoio da Escola de Engenharia da UFRGS, onde foi ministrado no período de 18 a 20 de maio de 2016.

Cursos constituem uma área ainda pouco explorada na ABCM. O sistema de eventos também pode ser utilizado para o gerenciamento de cursos realizados por nossos Membros que desejem, para eles, a chancela de nossa Associação.

A ABCM não é uma ilha. Em nossa segunda Gestão, buscamos a participação em eventos externos, atendendo a vários convites de outras instituições parceiras.

Um evento de grande importância e grande visibilidade para a ABCM é a COTEQ (Conferência de Tecnologia de Equipamentos) organizada pela ABENDI (Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção) em colaboração com o IBP (Instituto Brasileiro do Petróleo), ABRACO (Associação Brasileira de Corrosão) e a própria ABCM, através do Comitê de Tubulações e Vasos de Pressão, e seu Secretário José Luiz de França Freire. Na COTEQ está incluído nosso SIBRAT, Simpósio Brasileiro de Tubulações e Vasos de Pressão. Em 2015, tivemos na COTEQ apenas um estande. Já em 2017, nossa participação na cerimônia de abertura em 15 de maio e nas atividades dos dois primeiros dias do evento, além da presença no estande, foi extremamente positiva. É redundante falar da importância da COTEQ para a Engenharia Brasileira, dada a relevância e atualidade dos temas tratados, através da apresentação de trabalhos que ocorrem juntamente com a exposição de equipamentos de empresas nacionais e estrangeiras. O prestígio da ABCM nessa comunidade é extraordinário.

Os trabalhos para a organização da próxima COTEQ

em 2019 já foram iniciados. Estamos agora sob a liderança do IBP, juntos com ABENDI e ABRACO - que desta vez, esperam uma maior participação da ABCM nesta tarefa.

Essa visão do prestígio da ABCM foi dada também na mesma semana da COTEQ 2017, em Workshop realizado no LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica), em homenagem aos 70 anos do Prof. Abimael Fernando Dourado Loula. Nesse evento, junto com as qualidades pessoais e profissionais do Prof. Abimael, a importância da ABCM e o trabalho conjunto com o LNCC na organização exatamente dos SIBRAT, também foi muito lembrada.

No dia 29 de junho de 2017, o IBP celebrou os 20 anos de SPIE, o Sistema Próprio de Inspeção, previsto na Norma Regulamentadora NR-13, tendo encaminhado convite à Presidência da ABCM para participar desse evento festivo. Nessa ocasião, IBP e ABCM iniciaram conversas para a realização de Convênio de Cooperação, assinado em 24 de outubro de 2017, em cerimônia realizada durante a Rio Pipeline.

Na qualidade de Associação afiliada, a Diretoria atendeu a convites para reuniões da SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência). Em 17 de Março de 2017, representada pelo Diretor Científico João Azevedo, na Sede da SBPC em São Paulo, com “Diálogo com o presidente do CNPq” e Inauguração do Centro de Memória da SBPC Amélia Império Hamburger. Em 22 de agosto, a SBPC promoveu discussões sobre a “Avaliação da situação de recursos para a CT&I e para a educação no país e ações conjuntas a serem realizadas” e “Interação entre a SBPC e as associações afiliadas e funcionamento do Fórum Permanente”. Nessa ocasião, a Diretoria foi representada pelo Diretor Secretário Gherhardt Ribatski.

Evento de grande importância foi em 16 de Julho, a 69ª Reunião Anual da SBPC, realizada no Campus da UFMG, em Belo Horizonte. Prestigiamos a posse da nova Diretoria junto a importantes autoridades, dentre elas, nosso Ex-Presidente, Valder Steffen Jr., hoje Reitor da UFU.

Além de nossos eventos, a ABCM, através de seus membros, está envolvida na promoção e organização no Brasil de duas grandes importantes conferências internacionais. A primeira delas ocorrerá em Belo Horizonte de 9 a 14 de setembro, o ICAS 2018 – 31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences. Em maio de 2019, no período de 19 a 24, no Rio de Janeiro, será realizada a X International Conference on Multiphase Flow, ICMF 2019.

## A Sede

Ocupando um conjunto comercial no 14º andar do prédio do Clube de Engenharia, na Avenida Rio Branco, próximo a instituições de grande importância na vida nacional (como a Petrobras, o IBP e o próprio Clube de Engenharia), ao alcance de uma caminhada do aeroporto Santos Dumont, a ABCM está situada no coração produtivo do Rio de Janeiro.

Por esse motivo, demos especial atenção a todos os elementos que fazem a Sede operar, inicialmente pela Equipe. Débora Estrella era a única funcionária quando da instalação desta Diretoria. Com sua experiência, e, atendendo ao que consta no Estatuto, foi promovida à Secretária Executiva, cargo que ocupa atualmente.

Com os projetos da Diretoria iniciados e considerando a insuficiência de apenas uma pessoa para atender a todas as atividades de Sede, contratamos Bianca da

Cruz Miranda, que ficou pouco tempo na ABCM, sendo substituída por Natiele Julianna de Freitas Oliveira, hoje responsável pelos Informes, alterações na página, notícias e Facebook. Posteriormente, Vinícius Duarte incorporou-se à Equipe. Hoje, sua responsabilidade principal é o acompanhamento dos eventos, fazendo a ligação entre o Diretor Científico e os organizadores. O trabalho da Sede ocorre de forma integrada dentro da equipe, não obstante ter cada um dos funcionários suas próprias atribuições.

Também buscamos revitalizar a Sede. Desfizemos de todo o material inservível, fizemos a descupinização e a pintura. Novos móveis e estações de trabalho foram adquiridos. Aparelhos de ar condicionado mais econômicos e silenciosos foram instalados. Na parede onde estão as fotografias dos ex-presidentes, uma logotipia 3D foi colocada.



A Equipe da Sede em 22 de setembro de 2017: Sergio Möller, Natiele Oliveira, Vinícius Duarte, Débora Estrella (e-d).

## ABCM 40 anos

É extraordinário quando se está no lugar certo, no momento certo: ser Presidente da ABCM na data em que um acontecimento tão importante como o quadragésimo aniversário de nossa Associação é comemorado. Fundada “Associação Brasileira de Ciências Mecânicas” por visionários os quais acreditavam que o desenvolvimento científico brasileiro era baseado na sua visão científica da engenharia mecânica – donde o lema: “por uma

sociedade melhor”. Buscava congrega professores, pesquisadores e engenheiros com interesse nas ciências mecânicas.

Para muitos, 40 anos é uma efeméride menor. Não foi esse o nosso sentimento. Um pequeno texto no portal marca o acontecimento. Criamos uma logotipia especial com um Selo e um Logo horizontal. Esta foi uma pequena forma de homenagearmos os

fundadores e os Presidentes, Diretores e Conselheiros que ao longo desses 40 anos fizeram da ABCM a instituição de destaque e prestígio que hoje é.



Selo comemorativo dos 40 anos da ABCM.



Logo horizontal, comemorativo dos 40 anos da ABCM.

## Publicações

Por iniciativa e decisão tomada na Gestão de Antônio Silva Neto, passou nosso Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering para o serviço editorial da Springer Verlag. Até então, nossa principal revista científica era editada, impressa e distribuída de forma quase artesanal por seus Editores. Fernando Alves Rochinha foi o responsável pela transição do velho JBSMSE para o BMSE, sigla atribuída pela Springer. Rochinha atuou junto a Francisco Ricardo Cunha, que assumiu o cargo de Editor em 2014, cuidando dos artigos ainda submetidos ao antigo JBSMSE.

O trabalho competente desses dois Editores, somados ao prestígio e à eficiência da Springer, levou nosso Journal a um crescimento contínuo de seu fator de impacto, com resultados econômicos positivos para a ABCM.

Não posso deixar de louvar o trabalho de todos os Editores, desde o pioneirismo da Revista Brasileira de Ciências Mecânicas, que levaram nosso Journal ao patamar alcançado.

Procuramos também apoiar as nossas revistas especializadas, acompanhando o crescimento da RETERM – Engenharia Térmica/Thermal Engineering – resultado do trabalho competente de seu Editor José Viriato Coelho Vargas, e prestando suporte financeiro à LAJSS – Latin American Journal of Solid and Structures – e ao trabalho de seu Editor, Márcilio Alves.

Esta revista em suas mãos, a ABCM Engenharia, resulta do esforço nesses últimos anos realizado pelo seu Editor José Roberto de França Arruda, incansável na busca de artigos, notícias e textos sobre temas diversos. O objetivo da ABCM Engenharia é complementar as informações da Diretoria, Comitês e membros, como também apresentar artigos de interesse geral, com espaço para publicidade.

Do COBEM 2017, juntamente com o DINAME 2017, os primeiros livros da ABCM Mechanical Series on Mechanical Engineering and Sciences serão editados a partir de artigos selecionados. Partindo de uma iniciativa de Heraldo Costa Mattos, espera-se que esses volumes, comercializados pela Springer difundam nossa Associação e nossos congressos em nível internacional.

## Premiação

A ABCM tem um sistema de premiações anuais, buscando reconhecer o mérito dos trabalhos realizados por estudantes de graduação ou graduados, e esporádicas, buscando o reconhecimento do trabalho de colegas e autoridades em prol da ABCM.

Anualmente entregamos o prêmio de melhor trabalho do CREEM, escolhido por uma comissão de professores da instituição sede do evento. Este prêmio tem mostrado ser um grande incentivo à carreira científica de jovens estudantes, que

apresentam suas pesquisas aos seus colegas de outras instituições, muitas vezes realizando longas viagens para atenderem ao congresso dos estudantes de engenharia mecânica.

Os prêmios “ABCM Pesquisa em Engenharia Mecânica” ocorrem desde 2003, sendo que, desde 2005 em parceria com a Embraer, que traz seu prestígio para os prêmios de melhor projeto de graduação, melhor dissertação de mestrado e melhor tese de doutorado. Essas atividades foram coordenadas por Luís Mauro Moura, que, na qualidade de Vice-Presidente da ABCM, também é

responsável pelas atividades, Ensinos e Difusão da Pesquisa.

É gratificante observar e indiretamente participar do sistema de premiação. Conhecendo o trabalho dos Editores de nosso Journal JBMSE, agora BMSE, creio que a emoção da entrega do Prêmio ABCM de Honra ao Mérito no COBEM de 2015 a Paulo Eigi Miyagi e a Fernando Alves Rochinha por sua dedicação e seu trabalho exitoso como Editores em Chefe, foi um momento inesquecível da Assembleia da ABCM em 2015 e uma honra para esta Gestão que chega agora ao seu final.

## Diretorias

A proposta de apresentar uma candidatura e a primeira gestão desta Diretoria nasceu com Marcos Pinotti em conversas no Aeroporto Santos Dumont, aguardando voltar para casa após as reuniões do Conselho. Com Pinotti, discuti a composição e realizei os convites para a Chapa. Nada mais natural que ele fosse o Diretor Secretário, coração, memória e eixo da Diretoria.

Disposição para o trabalho, energia, reconhecimento, dedicação e interesse pelas coisas da ABCM eram os pré-requisitos para os convites. Na posse em 2013, em Ribeirão Preto, era a seguinte a composição da Diretoria:

• Presidente: Sergio Viçosa Möller | • Vice-Presidente: Luís Mauro Moura | • Diretor Secretário: Marcos Pinotti Barbosa | • Diretor Técnico Científico: Atila Pantaleão S. Freire | • Diretor Tesoureiro: Leonardo S. de Brito Alves.



Reunião de Diretoria na Sede da ABCM em 14 de março de 2014: Luís Mauro Moura, Marcos Pinotti, Sergio Möller, Leonardo Alves, Atila Freire (e-d).

Em dezembro de 2015, no Rio de Janeiro, tomamos posse para o segundo mandato, com João Azevedo na Diretoria Científica:

• Presidente: Sergio Viçosa Möller | • Vice-Presidente:

Luís Mauro Moura | • Diretor Secretário: Marcos Pinotti Barbosa | • Diretor Técnico Científico: João Luiz Filgueiras de Azevedo | • Diretor Tesoureiro: Leonardo Santos de Brito Alves.

Quis o destino que Pinotti nos deixasse em janeiro de 2016. Sua morte inesperada foi um baque para todos nós. Seu permanente bom humor, seu espírito conciliatório, sua capacidade de resolver problemas e propor soluções, sem perder o foco no objetivo a ser alcançado, eram características que marcavam nossas reuniões e discussões sobre os

assuntos da Associação. Mesmo em luto, a Diretoria precisava estar completa. O nome de Gherhardt Ribatski, proposto pela Diretoria ao Conselho da ABCM, para o cargo de Diretor Secretário, levou à sua indicação unânime por esse mesmo Conselho, que deu posse ao novo Diretor Secretário no dia 19 de fevereiro de 2016.



Reunião de Diretoria na Sede da ABCM em 30 de junho de 2017: João Azevedo, Gherhardt Ribatski, Sérgio Möller, Leonardo Alves, Luís Mauro Moura (e-d).

## Observações finais

É com o coração apertado que encerro este período da minha vida. A minha gratidão àqueles que, comigo, cumpriram as tarefas que nos foram confiadas, contribuindo para o crescimento de nossa Associação: Luís Mauro, Leo, Atila, João, Gherhardt, Débora, Bianca, Natielle, Vinícius e, claro, o Marcos.

A minha gratidão para os Conselheiros, e para aqueles colegas e amigos que, com suas sugestões, suas críticas e palavras de incentivo, auxiliaram a mim e à Diretoria no cumprimento dessas tarefas.

Minha gratidão, também à minha Família, meu apoio e meu porto seguro.

A ABCM inicia agora uma nova fase. O ciclo recomeça. Passo minha condecoração ao amigo, a quem o destino levou a 'pegar o bonde andando' e soube, com humildade e competência, fazer sua marca e formar uma equipe entusiasmada com a tarefa adiante.

- Presidente:  
**Gherhardt Ribatski**
- Vice-Presidente:  
**Luís Mauro Moura**
- Diretor Secretário:  
**Leonardo Santos de Brito Alves**
- Diretor Técnico Científico:  
**Domingos Alves Rade**
- Diretor Tesoureiro:  
**Gustavo Rabelo dos Anjos**

Desejar-lhes boa sorte é desejar sucesso e crescimento para nossa querida ABCM.



# O Submarino Nuclear e os Desafios Estratégicos do Brasil

José Augusto Abreu de Moura  
CMG (REF), Dr.





## O Submarino

O submarino surgiu durante a “Revolução Naval”<sup>1</sup> do século XIX, alterando profundamente a tática e a Estratégia por proporcionar a forças inferiores a capacidade de reagir a potências. São meios navais cuja principal característica operacional é a ocultação, que constitui sua razão de existir e lhes dá a capacidade única de operar em águas sob controle de qualquer ator, inclusive do inimigo.

Uma diferença básica entre eles é imposta por sua forma de propulsão:

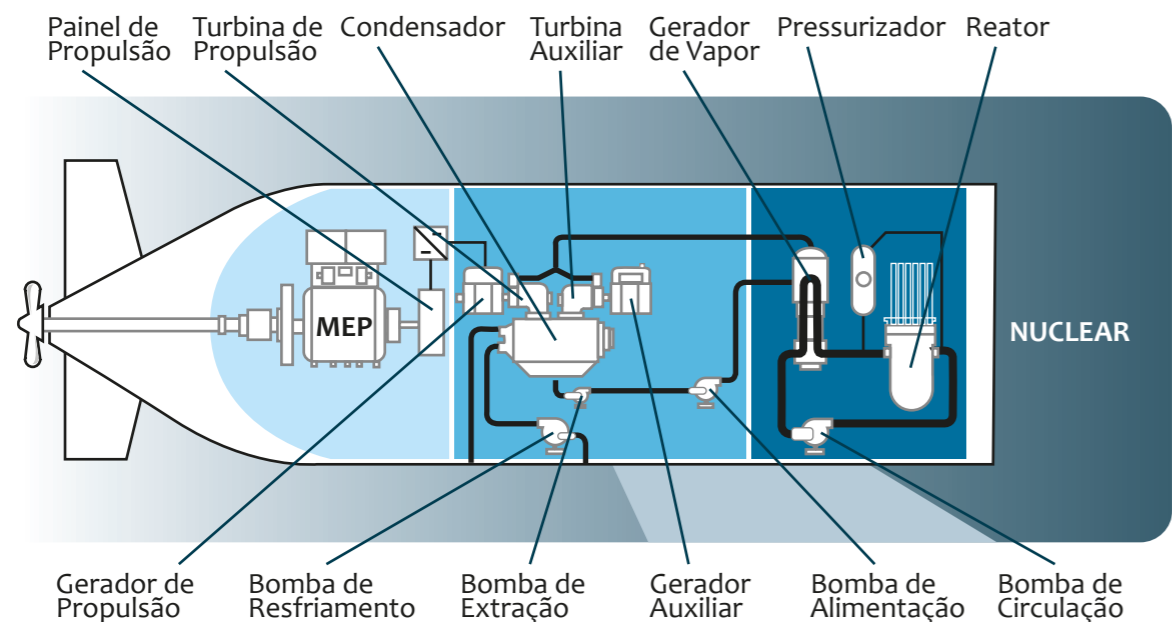
Os submarinos convencionais (SC) são os movidos a motores diesel, geradores e baterias. Utilizam o esquema consagrado desde a Primeira Guerra Mundial, pelo qual a unidade se desloca alternando períodos em que os motores diesel, acionando os geradores, carregam as baterias e movem os motores elétricos de propulsão, com outros em que estes últimos são movidos apenas pela carga das baterias.

Nos primeiros, o SC fica vulnerável à detecção acústica, por que o ruído dos motores se propaga na água por vezes a longas distâncias, e à detecção radar e visual por expor mastros acima da superfície para acesso ao ar atmosférico<sup>2</sup>, necessário ao

funcionamento dos motores; nos outros, navega completamente submerso, a maiores profundidades. Essa alternância, além de acarretar essas frequentes e inescapáveis indiscrições, implica velocidades médias normalmente bem menores que as de um navio de guerra.

Os submarinos de propulsão nuclear são os que empregam reatores para gerar calor e produzir vapor d’água sob pressão, que é expandido em turbinas provendo energia mecânica ou elétrica para sua movimentação, sendo, portanto, ao contrário dos SC, independentes da superfície, podendo navegar permanentemente em qualquer profundidade para a qual tenham sido projetados. Dispõem, além disso, de fartura de energia, o que proporciona altas velocidades máximas, e nela podem se deslocar indefinidamente, pois a carga de combustível nuclear dura vários anos.

Os nucleares são divididos em dois tipos básicos: os “Submarinos Lançadores de Mísseis Balísticos” (SLMB ou “SSBN”, na literatura em Inglês) e “Submarinos Nucleares de Ataque” (SNA ou “SSN”), sendo que este último tipo possui um subtipo, os “Submarinos Lançadores de Mísseis de Cruzeiro” (SLMC ou “SSGN”).



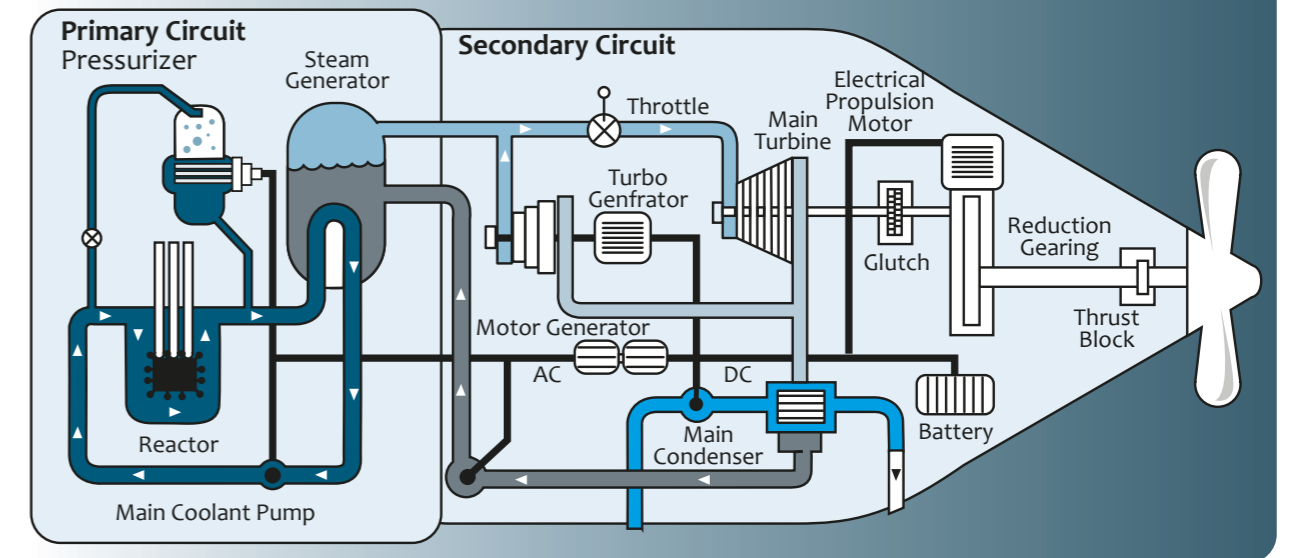
Instalação propulsora de um submarino nuclear britânico<sup>3</sup>

<sup>1</sup> KREPINEVITCH, 1994, P.4

<sup>2</sup> O submarino continua mergulhado próximo à superfície, mas mantendo acima dela a extremidade de um tubo, o “esnórquel”, por onde o ar é aspirado.

<sup>3</sup> WORLD, 2017

## Reactor Compartment



Ideia básica da instalação propulsora do submarino nuclear brasileiro<sup>4</sup>

Os SLMB, por terem como finalidade lançar mísseis de muito longo alcance (da ordem de 4.000 milhas – 7.400 km), dotados de uma ou mais bombas nucleares, são empregados na dissuasão estratégica, integrando apenas as marinhas das principais potências dotadas desse armamento: EUA, Rússia, China, Reino Unido, França e Índia<sup>5</sup>. As demais potências nucleares, Israel, Paquistão e Coreia do Norte não possuem tais submarinos.

Os SNA têm por finalidade participar da guerra naval portando, normalmente, armamento empregável contra plataformas navais ou alvos costeiros, como torpedos, mísseis táticos e minas – este é o tipo almejado pela Marinha do Brasil (MB).

Os SLMC são os SNA que portam mísseis de cruzeiro, ou seja, mísseis de longo alcance e de trajetória não balística, como o norte-americano Tomahawk Land Attack Missile (TLAM), que pode atingir alvos a 1400 milhas náuticas (2500km)<sup>6</sup>.

Cabe notar, contudo, que esta classificação tem imperfeições: na atualidade, existem SC que podem lançar mísseis de cruzeiro, sendo que esses mísseis podem portar cabeças convencionais ou nucleares, com possibilidade de emprego estratégico.

A operação típica de um submarino convencional compreende duas partes: a “patrulha”, realizada na

“zona de patrulha” (ZP) e o “trânsito” da base para a ZP e de retorno à base.

As ZP são áreas cujas posições são determinadas pelo comando superior dos submarinos a fim de cumprir uma missão. Cada ZP é guarnecida por um submarino e nela ele permanece operando os sensores da melhor forma possível, a fim de maximizar a probabilidade de detecção de alvos e, se for essa a missão, destruí-los. O comandante do submarino tem liberdade para administrar, dentro das doutrinas de operação, os deslocamentos, velocidades, taxas de descarga de baterias, a carga das mesmas, etc, a fim de minimizar a probabilidade de ser detectado e maximizar os resultados.

Verifica-se, assim, que a condição básica para tais ações consiste em dispor de inteligência e tempo necessários, para que o comando superior estabeleça as ZP no percurso dos navios alvo, transmita-as aos submarinos e eles se posicionem nelas, a fim de esperar sua passagem, o que restringe a aproximação final ao setor dianteiro dos alvos e justifica a opinião de que o SC é um “campo minado móvel”<sup>7</sup>. A realização de tais tarefas é muito difícil em áreas oceânicas, principalmente se os submarinos forem pouco numerosos; assim, as possibilidades de emprego dos SC dependem bastante da Geografia, sendo mais vantajosas nas chamadas “áreas focais” (“choke points”, na literatura em Inglês) – estreitos,

<sup>4</sup> FRAGELLI, 2010; PORTAL, 2012

<sup>5</sup> Um exemplo é o míssil TRIDENT II D5, que equipa os SLMB norte-americanos da classe OHIO, cujo alcance é superior a 4000 milhas náuticas (7.400 km) e carrega múltiplas cabeças nucleares.

<sup>6</sup> UNITED, 2017

<sup>7</sup> HOLLAND JR, 2002, p. 340

proximidades de portos ou bases navais, ou outras áreas de concentração ou passagem obrigatória dos alvos.

Um SNA não precisa necessariamente ser posicionado com antecedência na trajetória futura dos alvos porque, exceto em casos muito especiais, tem velocidade maior que a das unidades de superfície, podendo, portanto, alcançá-las ou interceptá-las mesmo em áreas oceânicas, desde que receba alguns dados a respeito, pois sua velocidade e grande capacidade de detecção de forças navais proporcionam condições de busca que poderão compensar, até certo ponto, eventuais deficiências de Inteligência. Pelos mesmos motivos, ele poderá escolher o melhor setor da força oponente para a aproximação e ataque, não ficando restrito ao setor dianteiro, como os SC. Desta forma, um SNA bem armado constitui ameaça respeitável mesmo para forças navais das grandes potências.

Assim, se o SC se assemelha a um campo minado móvel, o SNA pode ser pensado como um veloz e poderoso navio invisível, condições que lhes conferem alto poder de dissuasão, sendo que o segundo pode exercê-lo mesmo em grandes áreas marítimas.

## Os Desafios Estratégicos do Brasil

Como em todos os países, o transporte marítimo sempre foi muito importante para o Brasil. Até a Segunda Guerra Mundial, além do comércio exterior, esse era o principal meio de realizar trocas internas. Sendo um grande arquipélago, paupérrimo de ligações terrestres entre os principais centros, o País dependia da navegação de cabotagem para seu abastecimento, inclusive de itens triviais, como o sal, do qual dois terços do consumo nacional provinham do Rio Grande do Norte, sendo transportado por mar para as demais regiões<sup>8</sup>.

Nessas condições, a segurança do tráfego marítimo era a principal necessidade estratégica relativa ao mar, e ela foi bastante abalada pelos afundamentos de mercantes por submarinos alemães, que passaram a ocorrer próximo à costa nordeste após o rompimento de relações diplomáticas com os países do Eixo, em janeiro de 1942.

Despreparado para uma guerra mundial, o Brasil enfrentou o novo desafio estratégico de restabelecer a segurança da navegação recebendo material e

tecnologia dos EUA, tendo a MB participado da Batalha do Atlântico. Com isso, o País saiu do conflito com sua força naval razoavelmente bem equipada (em termos de uma marinha periférica) e adestrada para a Guerra Antissubmarino (GAS).

Durante a Guerra Fria, as ligações terrestres melhoraram e superaram a cabotagem, mas o transporte marítimo continuava imprescindível para o comércio exterior.

Nesse período, o Poder Naval brasileiro era renovado esporadicamente por meio do Acordo de Assistência Militar Brasil-EUA<sup>9</sup>, com a obtenção de navios antiquados, principalmente contratorpedeiros (destroyers, na terminologia em Inglês) veteranos da Segunda Guerra Mundial e especializados em GAS<sup>10</sup> – o papel que cabia às marinhas periféricas numa possível guerra contra o bloco soviético quando, esperava-se, sua imensa força submarina procuraria interromper o comércio ocidental.

Esse papel coincidia com a expertise da MB, resultante das operações naquele conflito e servia para exorcizar o trauma dos afundamentos de mercantes, numa época em que a manutenção ininterrupta da navegação marítima continuava sendo uma necessidade vital, principalmente por incluir o abastecimento de petróleo, do qual o País era grande importador.

O paradigma estratégico então vigente era a Segurança Coletiva – estabelecido pelos EUA para o Hemisfério Ocidental – pelo qual, no caso da defesa naval, as marinhas sul americanas operariam em conjunto e sob a direção da marinha norte-americana. Nesse contexto, vivia-se numa espécie de zona de conforto, pois o principal desafio estratégico no mar estava sendo adequadamente enfrentado – a manutenção da segurança do tráfego marítimo, contra a pior ameaça vislumbrada – os submarinos da URSS, na principal hipótese de guerra – um novo conflito mundial; e a MB se considerava no caminho certo, ainda que longe de possuir os meios idealmente necessários.

Além disso, a Força Naval saía barato e não incomodava o Poder Político com questões estratégicas, definidas pelo paradigma acima citado, nem com grandes solicitações de recursos, pois obtinha os navios, usados e a preços simbólicos, por suas próprias negociações junto à Marinha dos EUA.

Muita coisa se passou desde então: a Guerra das

Malvinas mostrou que a ameaça também pode vir de países ocidentais, a Guerra Fria acabou, passou-se a viver uma unipolaridade militar e, mais importante, a produção nacional de hidrocarbonetos aumentou tanto que, hoje, corresponde a 86,31% e 69,13% dos consumos de petróleo e gás, respectivamente, cabendo ressaltar que 99,04% e 77,04% desses fluidos produzidos provêm de plataformas marítimas (dados de 2016)<sup>11</sup>.

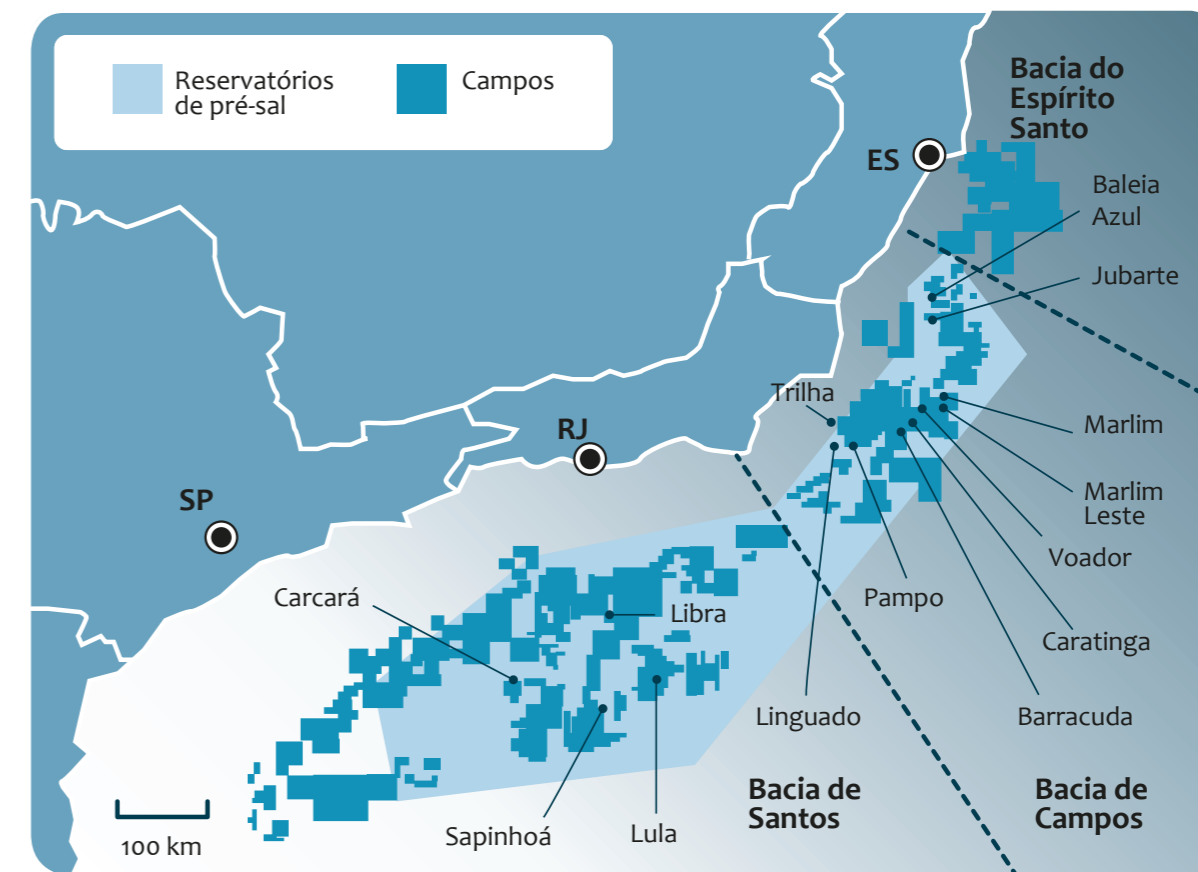
Essa nova situação retirou do transporte marítimo grande parte de sua mais importante função – o abastecimento nacional desses insumos; e a localização de suas fontes no mar litorâneo colocou o novo e complexo problema da defesa daquelas instalações, que são decisivamente importantes, sendo que grande parte delas – as mais produtivas – se situam bem além do mar territorial de 12 milhas (algumas a 163 milhas - 302 km - da costa)<sup>12</sup> e se espalham por diversas partes da fronteira marítima.

Assim, a maior parte da produção desses energéticos vitais à vida do País depende de plataformas estáticas

e isoladas no mar, vulneráveis tanto a ameaças assimétricas como estatais. As assimétricas, ainda que teoricamente limitadas, são objeto das patrulhas navais e medidas correntes de monitoramento e controle do tráfego marítimo, incluindo o de pescadores.

No que toca às estatais, cabe lembrar que as plataformas, por sua importância e vulnerabilidade, constituem objetivos convidativos a ações de coerção – típicas de quadros de crises político-estratégicas – ou de destruição, no caso de um conflito aberto. Elas podem ser ameaçadas por forças navais que naveguem ostensivamente ou por submarinos, sendo que todos esses vetores podem se aproximar ou não, se dispuserem de armas de longo alcance, as quais também podem ser lançadas contra instalações em terra, como tem ocorrido em praticamente todas as intervenções do Pós-Guerra Fria, em que o TLAM foi o carro-chefe.

A forma ideal de prover a segurança desses ativos, considerando tais ameaças, consistiria em realizar ações de controle das áreas marítimas de onde tais



A região do “Pré-Sal”<sup>13</sup>

11 Brasil, 2017, tabelas 1.2, 1.3, 1.7, 1.8, 2.9 e 2.13  
12 BRASIL, 2013  
13 PAMPLONA, 2016

8 PEREIRA, 2015, p.136  
9 FGV, 2017  
10 VIDIGAL, 1982, p. 118 – 124

vetores pudessem lançar munições contra eles, ou seja, impedir sua entrada, permanência ou operação em tais áreas.

Atualmente, porém, tem-se que assegurar a operação das plataformas em várias partes do litoral, mas prioritariamente na região de maior produção, o “Pré-sal”. Apenas essa região, que se estende desde a altura de Santa Catarina à do Espírito Santo, compreende cerca de 430 x 200 milhas (800 x 370

km), o que, com o alcance dos modernos armamentos chegando a mais de 1000 milhas (1.850 km), implica uma área muito maior de onde um adversário poderia destruir as estruturas nela situadas, o que exigiria, no caso do modelo padrão de controle de áreas marítimas - com emprego de forças de superfície - um número de plataformas navais e aéreas muito difícil de ser conseguido mesmo por marinhas mais bem dotadas de meios e recursos.



#### Bacias petrolíferas do Brasil<sup>14</sup>

Nessas condições, a abordagem da Estratégia Nacional de Defesa consiste em negar o uso do mar nessas áreas a forças agressoras<sup>15</sup>, o que demanda uma força de submarinos composta de SNA, para atuação mais afastada e de SC, para atuação mais próxima dessas estruturas.

A negação do uso do mar consiste em impedir o estabelecimento ou a exploração, pelo inimigo, do controle de alguma área marítima, ou simplesmente seu uso. No caso, consistiria em produzir ameaça

dissuasória considerável a algum adversário nas áreas em questão, ressaltando-se que, certamente, tais ações só seriam empreendidas por poderes navais mais poderosos.

Os submarinos bem armados, principalmente os SNA, são, reconhecidamente, plataformas navais mais adequadas para tal tarefa; o que justifica o atual esforço da MB para sua obtenção, a fim de enfrentar o desafio em questão.

A prioridade à negação do uso do mar – com o consequente destaque para as ações de submarinos – será uma novidade relevante para uma marinha que tem enraizada a prática do controle de áreas marítimas móveis desde a Segunda Guerra Mundial (sob a forma de escolta de comboios) e temperou essa tradição no pós-Guerra Fria com o controle de áreas fixas não muito grandes, nas proximidades de portos e da bacia de Campos – sempre com a preponderância das forças de superfície, onde os submarinos desempenhavam papel auxiliar.

As guerras entre Estados são improváveis, mas ocorrem; e muitas vezes como resultado de uma crise político-estratégica mal resolvida. Cabe notar que tais crises podem ocorrer até entre países notoriamente amigos e por motivações bem pouco consistentes, como a chamada “Guerra da Lagosta” (1963), crise entre o Brasil e a França provocada por questões envolvendo a pesca desse crustáceo por pescadores franceses na costa do Nordeste brasileiro, tendo o governo de Paris enviado um navio de guerra para

protegê-los, o que foi seguido pelo envio de uma força naval brasileira para a área.

A crise não foi formalmente resolvida, mas os franceses desistiram da pesca na costa brasileira e a questão acabou sendo superada por fatos posteriores, entre eles a extensão do mar territorial para 200 milhas (370 km), declarada unilateralmente pelo Brasil em 1970, que ultrapassava em muito a região pesqueira<sup>16</sup>.

Outro exemplo, desta vez de uma crise mal resolvida foi a ocorrida entre a Argentina e o Reino Unido em 1982, que resultou na Guerra das Malvinas.

Vê-se desta forma que, além do emprego óbvio em conflitos abertos, em crises, o Poder Naval pode ser usado para pressionar outro Estado em busca de algum propósito político – é a chamada coerção, já citada. Nesse caso, as vulneráveis e vitais plataformas de petróleo constituem um ponto fraco do Brasil ante a presença ameaçadora de forças navais de Estados poderosos, se estas também não forem devidamente ameaçadas.

#### REFERÊNCIAS

- Brasil. Agência Nacional do Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - 2017 < <http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017> > Atualizado em 30/08/2017. Acesso em 25/09/2017.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Estratégia Nacional de Defesa. 2012. Disponível em < <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf> > Acesso em 02/02/2017
- BRASIL. Petrobrás. 2013. Nova Descoberta de Petróleo de Boa Qualidade em Área da Cessão Onerosa. Fatos e Dados. Disponível em < <http://fatosedados.blogspotpetrobras.com.br/2013/01/08/nova-descoberta-de-petroleo-de-boa-qualidade-em-area-da-cessao-onerosa/> > Acesso em 27/01/2017.
- FGV-CPDOC. Acordo Militar Brasil-Estados Unidos (1952). Disponível em < <http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/acordo-militar-brasil-estados-unidos-1952> > Acesso em 16/02/2017.
- FRAGELLI, José A. A. Seminário Amazônia Azul. Rio de Janeiro, 2010.
- GEOPOLÍTICA do Petróleo. Geopolítica do Atlântico Sul – Concessões de blocos para exploração de petróleo no Brasil. 2013. Disponível em < <https://geopoliticaopetroleo.wordpress.com/geopolitica-do-atlantico-sul/concessao-de-petroleo-no-brasil-em-blocos/> > Acesso em 28/09/2017
- HOLLAND Jr. William J., “Globalization under the sea” in: TANGREDI, Sam J. Globalization and Maritime Power. Honolulu, Havaí, University Press of the Pacific, 2002. cap. 17, pp.337 – 355.
- LESSA, Antônio Carlos. A Guerra da Lagosta e outras guerras: conflito e cooperação nas relações França-Brasil (1960-1964). Cena Internacional, v. 1, n. 1, p. 109-120, 1999. Disponível em < [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5242/1/ARTIGO\\_GuerraLagostaOutrasGuerras.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5242/1/ARTIGO_GuerraLagostaOutrasGuerras.pdf) > Acesso em 27/06/2017
- PAMPLONA, Nicola. Petrobras vende fatia em área do pré-sal por US\$ 2,5 bilhões. Folha de São Paulo. Mercado. 29/07/2016. Disponível em < <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/07/1796654-petrobras-vende-fatia-em-area-do-pre-sal-por-us-25-bilhoes.shtml> > Acesso em 01/10/2017.
- PEREIRA, Durval L. 2015. Operação Brasil: o ataque alemão que mudou o curso da Segunda Guerra Mundial. São Paulo: Editora Contexto.
- PORTAL Fator Brasil. Programa do Submarino Nuclear em Construção na Nuclep. 12/07/2012. Disponível em < [http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver\\_noticia.php?not=209791](http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=209791) > Acesso em 01/10/2017.
- VIDIGAL, Armando A. F. 1982. A evolução do pensamento estratégico naval brasileiro. Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval.
- WORLD Nuclear Association. Nuclear-Powered Ships, up-to-date July 2017. Disponível em < <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/transport/nuclear-powered-ships.aspx> > Acesso em 28/08/2017.

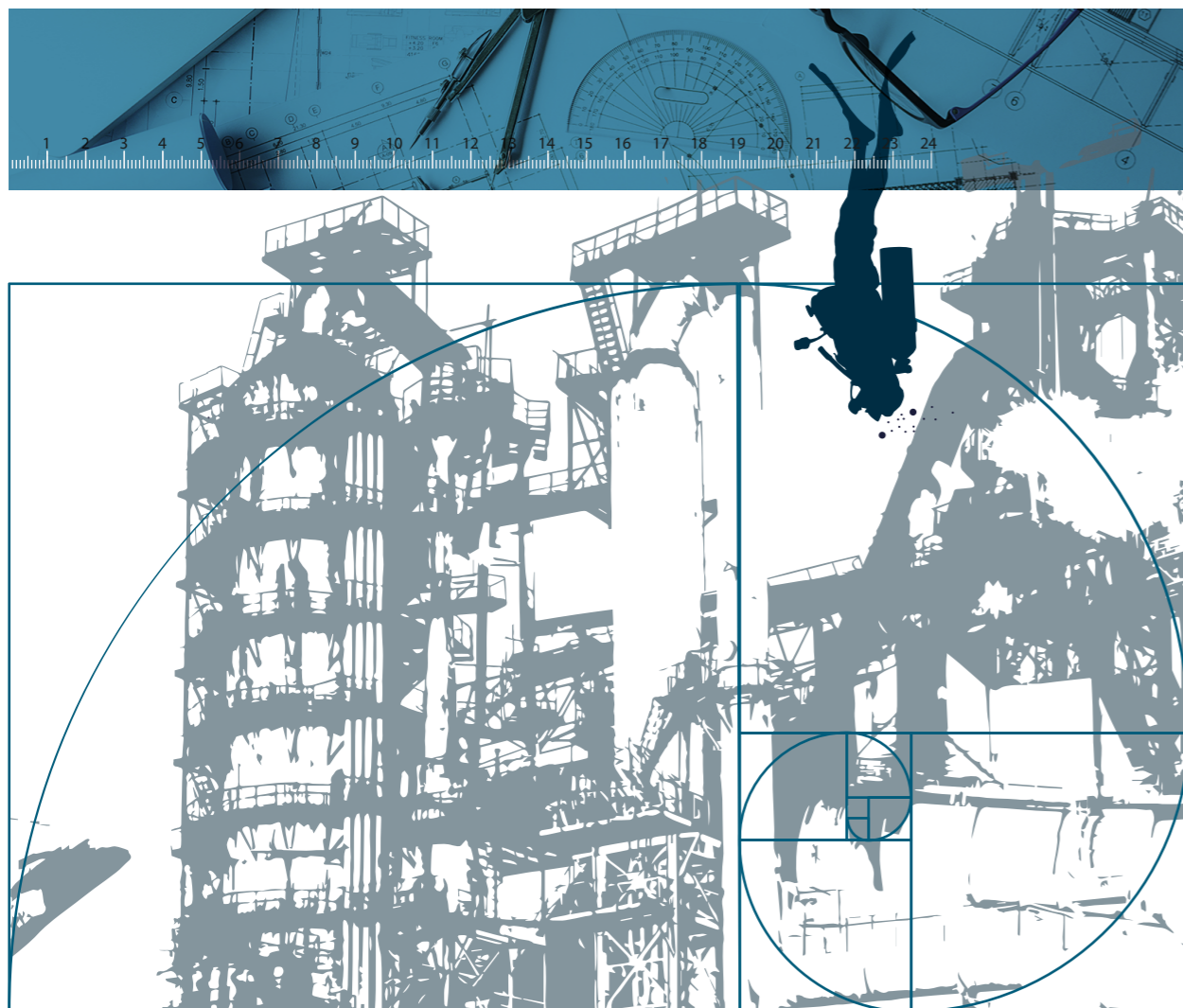
<sup>14</sup> GEOPOLÍTICA, 2013  
<sup>15</sup> Brasil, 2012, p. 10 item 1 e p. 11 item 3

<sup>16</sup> LESSA 1999

# 20 anos de certificação de SPIE

**Roberto Odilon Horta**

Gerente de Certificação do OCP do IBP  
Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis



Há exatamente 20 anos foi realizada a primeira auditoria de certificação de SPIE (Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos) brasileiro, na Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), da Petrobras, localizada no Paraná.

Um dispositivo previsto no Anexo II da NR-13, a certificação de SPIE tem tido foco destacado em empresas de grande porte, notadamente nos segmentos de petróleo, gás natural, petroquímico e químico, e gás natural. A certificação de SPIE promove uma melhora na distribuição das inspeções ao longo das campanhas e paradas de manutenção das empresas e redução no risco de acidentes e de contaminações ambientais, trazendo maior segurança operacional.

No entanto, antes de colocar em prática os períodos especiais entre inspeções, a NR-13 exige que os SPIE das empresas sejam certificados por OCP (Organismos de Certificação de Produto) acreditados pelo Inmetro. Atualmente no Brasil há apenas uma entidade certificadora acreditada, o IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis), que já certificou 65 SPIE no país (dados de dezembro de 2016).

Desde 1997 até o final de 2016, cerca de 800 auditorias foram realizadas. As maiores conquistas deste processo foram o aumento da confiabilidade das instalações industriais no Brasil, contribuindo decisivamente para a segurança das pessoas e preservação do meio ambiente. Outro ponto

importante é quanto à valorização dos profissionais envolvidos nas atividades de integridade de equipamentos, ampliando o número de engenheiros e técnicos de inspeção nas empresas, acompanhado de uma crescente capacitação e qualificação.

Para o futuro, ele aponta o desafio de trazer novos segmentos industriais, tais como siderurgia, papel e celulose, açúcar e álcool, indústria farmacêutica e alimentícia.

## Processo de Certificação

Antes de solicitar a auditoria ao OCP/IBP, que poderá conceder a certificação, é necessário que a empresa garanta alguns requisitos definidos no Anexo II da NR 13. Por exemplo, é essencial a existência de pessoal próprio da empresa onde estão instaladas as caldeiras, vasos de pressão ou tubulações, que se dediquem exclusivamente a atividades de inspeção, avaliação de integridade e vida residual, com formação, qualificação e treinamento compatíveis com a atividade proposta de preservação da segurança.

O Processo é ainda regulado por duas portarias do Inmetro: nº 537/2015, que detalha os critérios para obtenção do Certificado de SPIE – Instrução Normativa Inmetro (INI) e nº 582/2015, e estabelece os Requisitos de Avaliação de Conformidade (RAC) para SPIE.

## Requisitos

Para obter a certificação, a empresa participa de um detalhado processo, que é acompanhado e analisado pela Comissão de Certificação (ComCer) de SPIE. Funcionando de forma tripartite e paritária, composta por representantes do Ministério do Trabalho, das empresas certificadas em SPIE e representações sindicais dos trabalhadores, a ComCer emite pareceres sobre a concessão ou renovação dos certificados aos SPIE, faz recomendações sobre a aplicação de sanções e penalidades, entre outras atribuições, subsidiando as decisões do OCP/IBP.

A solicitação de certificação ou esclarecimento de dúvidas pode ser feito diretamente no site do IBP (<https://www.ibp.org.br/como-atuamos/certificacao/>), ou pelo e-mail [certificacaospie@ibp.org.br](mailto:certificacaospie@ibp.org.br).

## Principais números

Nestes 20 anos da aplicação do Programa de Certificação de SPIE, destacam-se os seguintes números:

- 200.000 equipamentos controlados;
- 1.200 profissionais próprios envolvidos (Engenheiros e Técnicos);
- Mais de 800 auditorias realizadas;
- Formados mais de 500 Auditores de SPIE (ASPIE), internos e externos.

## Para ter um SPIE certificado, veja o que prevê a NR-13

1. Existência de pessoal próprio da empresa onde estão instalados caldeiras, vasos de pressão ou tubulações, com dedicação exclusiva a atividades de inspeção, avaliação de integridade e vida residual, com formação, qualificação e treinamento compatíveis com a atividade proposta de preservação da segurança;
2. Mão de obra contratada para Ensaios Não Destrutivos certificada segundo regulamentação vigente e, para outros serviços de caráter eventual, selecionada e avaliada segundo critérios semelhantes ao utilizado para a mão de obra própria;
3. Serviço de inspeção de equipamentos proposto com um responsável pelo seu gerenciamento formalmente designado para esta função;
4. Existência de pelo menos um profissional habilitado;
5. Manutenção de arquivo técnico atualizado, necessário ao atendimento da NR 13, assim como mecanismos para distribuição de informações quando requeridas;
6. Procedimentos escritos para as principais atividades executadas;
7. Aparelhagem condizente com a execução das atividades propostas;
8. Cumprimento mínimo da programação de inspeção.

Fonte: Anexo II da NR-13

# COBEF 2017

## O Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação e o desenvolvimento industrial no Brasil

Adriano Fagali de Souza  
Presidente do COBEF 2017



### Breve apresentação

O Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – COBEF 2017, promovido pela ABCM, foi realizado no período de 26 a 29 de junho de 2017, na cidade de Joinville-SC. A cada edição o congresso se amplia na ordem de 40%. Em 2017 foram publicados 403 artigos e 475 congressistas participam do evento. Além dos trabalhos técnicos, renomados pesquisadores do Brasil e exterior palestraram em sessões plenárias. A partir desta edição, os artigos dos congressos COBEF terão o código de Identificador de Objeto Digital - DOI.

### Desenvolvimento industrial no Brasil

O artigo escrito pelo Prof. Atila Pantaleao Silva Freire, na Revista ABCM Engenharia (edição de número 20, 2017) apresenta os objetivos dos professores Alberto Luiz Galvao Coimbra e Afonso Henriques de Brito, responsáveis pelo início das atividades de pós-graduação e pesquisa nas áreas das engenharias no Brasil; no início da década de 1960. Os objetivos eram formar quadro docente brasileiro e revolucionar a indústria no país. Como conclui o Prof. Atila, a revolução da indústria brasileira ainda é um grande desafio.

Conforme apresentado pelo Correio Brasiliense (02/10/2016) a participação da indústria de transformação no PIB era 21,6% em 1985, e em 30 anos reduziu para 11,40%, mesmo patamar de 1947.

O Brasil precisa agregar valor aos produtos fabricados no país.

### Principais objetivos de um congresso:

- Promover a divulgação da pesquisa e o debate científico.
- Promover intercâmbio de experiências e possíveis redes de colaboradores e desenvolvimento de projetos.
- Colaborar com o desenvolvimento da formação de pesquisadores em todas as fases.
- Promover integração com a comunidade industrial.

Não há dúvidas quanto ao valor, importância e ao sucesso alcançado nos três primeiros objetivos listados. Contudo, o último objetivo ainda carece de atenção. Em geral, a integração congresso-indústria acontece de forma ínfima, resumindo a participação de algumas empresas, visitas técnicas e algumas ações que não culminam no desenvolvimento da indústria brasileira.

Pesquisadores, no Brasil e em muitos países no exterior, muitas vezes realizam pesquisas de alta qualidade, seguindo rigores científicos, resultando em publicações qualificadas (com indicador JCR). Existe uma relação direta entre publicações qualificadas e o desenvolvimento de uma nação.

Contudo, atualmente, isso não é o suficiente. Para que se possa obter o desenvolvimento pleno de uma nação, os pesquisadores devem continuar desenvolvendo pesquisa qualificada, porém devem identificar, juntamente com as indústrias, temas de estudo diretamente relacionados com as necessidades de desenvolvimento do país.

Naturalmente, não só de pesquisa aplicada é construído o desenvolvimento de uma sociedade. Uma porcentagem das pesquisas ainda devem trabalhar temas com resultados a longo prazo, não aplicados diretamente (Blue skies research). Contudo, deveria ser uma porcentagem menor que os trabalhos aplicados.

Muitas vezes é mais fácil produzir artigos (qualificados) não aplicáveis pelas indústrias (não menosprezando o trabalho).

Todos, pesquisadores, entidades de classe, indústrias, devem criar ferramentas, identificar necessidades e maneiras para fortalecer esta integração. Assim, produzir pesquisa qualificada e aplicada nas indústrias do país.

### Congressos como ferramenta para promover a integração entre pesquisas acadêmicas e indústrias

Para promover esta integração é necessário reunir representantes de indústrias e pesquisadores de áreas comuns. Para esta ação, um modelo de congresso contando com a participação efetiva da comunidade industrial seria a ocasião mais adequada.

Neste anseio, foram realizadas no COBEF 2017 sessões técnicas temáticas, denominadas “Painel Industrial”. Nessas sessões, reconhecidos profissionais de indústrias brasileiras foram convidados para exporem as necessidades de desenvolvimento tecnológico de cunho científico, de sua área de atuação, conforme os temas abordados no COBEF 2017. Foram realizadas nove sessões Painel Industrial no evento. Todas as sessões ocorreram com expressiva participação dos congressistas. Foi muito positiva a repercussão das sessões Painel Industrial, para as indústrias e para os pesquisadores.

### Resultados das sessões Painel Industrial:

- Auxiliar na identificação de áreas e temas de pesquisa, que possam contribuir com o desenvolvimento da indústria nacional, conciliando a produção científica qualificada e formação de pesquisadores. Temas como processos de furação profunda em ferro fundido; processos de soldagem e qualidade superficial; processos de fundição na indústria automobilística; manufatura aditiva metálica; dentre outros temas foram discutidos nas sessões.
- Permitir que a indústria conheça os pesquisadores brasileiros das áreas específicas. Assim, promover integração e parcerias.
- Auxiliar na identificação de áreas de pesquisa e

segmentos industriais a serem apoiados em editais de fomento e possíveis ações governamentais. Alguns segmentos carentes no Brasil, identificados no COBEF 2017, foram: fornecimento de serviços de retificação de precisão de médio e grande porte; fornecimento de sistemas de engrenados de precisão; desenvolvimento de sistemas computadorizados para controle de máquinas; dentre outros.

É natural esperar que o resultado do debate envolvendo pesquisadores e industriais possa identificar importantes temas de trabalho. As sessões Painel Industrial identificaram alguns desses temas. Propõe-se que os futuros congressos aprofundem essa ideia e produzam um documento oficial a ser encaminhado às agências de fomento a pesquisa e de apoio ao desenvolvimento do Brasil.

Na fase atual do desenvolvimento científico e tecnológico da civilização humana, e que está se concluindo, o mundo identificou a importância da produção científica de qualidade (artigos com JCR) para o desenvolvimento de uma sociedade. Em um futuro diferencial competitivo de uma nação, os resultados de uma pesquisa deverão ser efetivamente empregados no desenvolvimento da comunidade assim como resultarem em publicações científicas qualificadas.

### Algumas sugestões de boas práticas COBEF 2017

- Em algumas ocasiões, agências de fomento à pesquisa estaduais colaboram com ajuda de custo para a participação de pesquisadores do respectivo estado em congressos nacionais. Deve ser solicitado o auxílio através de um projeto único. No COBEF 2017, os pesquisadores do estado de São Paulo conseguiram o auxílio da FAPESP. O professor Alessandro Roger Rodrigues foi o responsável pelo projeto. Desta forma, sugere-se que os congressos tenham uma subcomissão, composta por representantes de diferentes estados, que serão os responsáveis por solicitar apoio as suas respectivas agências.
- O contato com revistas técnicas (classificadas no Qualis) foi acordado, sem custos, para a publicação de 20 artigos do COBEF 2017. Isso amplia a integração com as indústrias além de promover o congresso e a ABCM.
- Criar indicadores para quantificar a interação com as indústrias. Como sugestão inicial:
  - Número de temas de pesquisa com real prospecção.
  - Número de parcerias indústria-universidade.
  - Linhas de pesquisa e desenvolvimento para indicação aos órgãos de fomento.

peuvent lever des schémas pour l'action, si c'est ainsi que vous interprétez la notion de « figuration ». Mais ce n'est pas mon problème, sauf quand je suis moi-même acteur. Je n'hésite pas alors à mobiliser mes instruments analytiques. Comme dans mon intervention dans le débat actuel sur l'Université<sup>[1]</sup> ou les instruments de la sociologie économique qui m'ont été précieux pour comprendre et en conséquence pour tenter de peser sur les choses.

**Le P** En quoi consisterait alors une critique renouvelée du travail? Mon sentiment est qu'elle serait d'abord à vous lire. Une sociologie des façons de produire. Contre H. Arendt le travail peut contribuer à former le citoyen, à nourrir une culture publique. Si l'on suit votre définition générique du travail comme rapport opératoire au monde, le cours l'activité est bien propice à l'émergence, sinon de points de vue réflexifs, du moins de bribes de solidarités, de valorisations, de pratiques partagées. Mais pourrait-on imaginer qu'elles concernent un jour, durant que les relations de travail ou hiérarchiques, notre rapport à l'économie, et notamment la manière dont nous le transformons en nous à l'ordonnant, les extensions de nos activités que sont les dispositifs techniques.

## PHILOSOPHIES

### Le travail

### Economie et physique

### 1780-1830

**F** V Je éprouve toujours des réserves vis-à-vis du terme le « critique » quant à l'objet de la critique n'est pas simple. On peut critiquer une théorie, comme quand Marx critique l'économie politique pour fonder sa propre conceptualisation des rapports sociaux. On peut critiquer une forme sociale par exemple le salariat, mais on est alors dans une sociologie normative. Que signifie critiquer le travail? C'est là, pour moi, dans le sillage de la définition de Marx, une dimension universelle de la vie humaine. On peut, de même, critiquer la prostitution, mais que signifierait critiquer la sexualité? Si maintenant « critique » designe le regard instruit, qui sait prendre la bonne distance pour le critiquer, un phénomène, le « travail » pensee critique est un pleonasmisme. Toute pensée est « critique ». J'espère en tous cas que la mienne l'est.

Le problème de cette dimension anthropologique du travail est qu'elle apparaît sur un mode individuel à travers nous dit Gilbert Simondon l'expérience de la

## CONTRACAPA

Este livro opera com o conceito mecânico de “trabalho”. Uma questão simples lhe perpassa: porque um termo tão evidentemente antropomórfico dentro do glossário da física? O estudo da gênese desse conceito, formulado entre 1780 e 1830 por um pequeno grupo de físicos-engenheiros, fornece uma resposta a esta questão. O conceito de trabalho apresenta, com efeito, duas faces: de um lado, uma expressão formal relevante da mecânica racional; de outro, uma categoria do pensamento prático que se inscreve em uma problemática econômica, a do rendimento dos homens e das máquinas. É este segundo aspecto da leitura que é aqui privilegiado.

Esta interpretação econômica da mecânica do trabalho interessa de imediato à epistemologia, pois ela apresenta um tipo de problema, raramente questionado, onde as ciências da natureza aparecem devedoras em relação às ciências humanas. Mas, isto deveria também interessar, por razões simétricas, ao físico e aos especialistas em ciências sociais: ela ressalta uma primeira questão prática que é a parte normativa, muitas vezes esquecida, de sua disciplina; ela estimulará a segunda a investir no campo teórico dos processos técnicos, a maior parte do tempo abandonada, de forma inadequada, aos especialistas em ciências “exatas”.

## Sobre o Autor:

François Vatin é professor de sociologia na Université Paris Ouest Nanterre La Défense. Seus principais temas de pesquisa são ligados à sociologia do trabalho, seus valores e medidas.

## Sobre o tradutor:

Agamenon Rodrigues Eufrásio de Oliveira é Professor Associado do Departamento de Estruturas da UFRJ. Foi Secretário Geral da ABCM nos biênios 1992-1993, e 1994-1995.

## Índice

- Introdução: história de uma questão.
- Física do trabalho e economia da produção.
- Coulomb e a “Memória sobre a força dos homens” (1798).
- Navier e as “Notas sobre Bélidor” (1819).
- Coriolis “Sobre o cálculo do efeito das máquinas” (1829)
- Trabalho e valor: homens e máquinas.
- Conclusão: a economia e a física.

von comment se distribue la fondation. Par exemple, un ce in « employeur », mais il est c de cet employeur qui est l'ail pure abstraction.

Je ne sais pourquoi je vous rappe vous même à quel point ce pr dimension du problème est se relations de travail d'aites d' l'ai parle de l'amitie de ces de exemple le cas bien connu des lien salarial, une infirmiere e indépendante si elle fut parti une employée d'une entreprise.

Mais surtout, dans toute la dis la notion même de « travail » économique en fait par les sal partisans, telle Dominique Me nos sociétés occidentales, qui pense que c'est bien être le pro epiphenomenal à l'échelle de l'espace géographique large li « occidentales » et tend à se re d'encorement du travail par ou l'installat on directe sur le l'esclavage et du servage.

[1] Voir les publications d'Alfred Bider la rubrique « Actuel ».

## Introdução: História de uma questão

Este livro tem uma origem longínqua, uma lembrança de colegial. Eu me recordo de meu espanto e de minha insatisfação, desde que me foi apresentado, no curso de física do secundário, o conceito de trabalho. A palavra era portadora de sentido e meu professor não podia ser impedido de brincar: existia o “trabalho” quando aplicávamos uma força deslocando uma resistência, como no caso de um homem que elevava uma carga. Sobre meu manual uma imagem representava este homem “no trabalho”: um pedreiro no andaime elevando tijolos através de uma corda. Eu estava muito feliz de dispor enfim de um conceito físico que parecia compreensível ao senso comum, mas os limites de pertinência desta interpretação prática me deixava sonhar; não haveria “trabalho” senão quando o operário elevasse o peso, e não haveria quando ele o deslocasse sobre um plano horizontal. O bom senso me dizia, portanto que no último caso também o operário “trabalhava”. A resposta de meu professor: “Trata-se de um problema secundário de atrito; sobre uma superfície perfeitamente lisa, um deslocamento horizontal não movimentaria nenhuma força”, não me convenceu. Eu queria arranjar melhor o conceito de trabalho entre todas as outras grandezas físicas que me haviam sido apresentadas até então dentro de um universo maravilhoso e obscuro que escapava a todo entendimento real de minha parte, mas por que então aguçar meu interesse pelo emprego de uma palavra tão evocativa?

Esta questão ficou sem resposta, mas não foi esquecida. Eu a reencontrei depois de muitos anos mais tarde quando, estudando os debates sobre a organização do trabalho do começo do século, descobri a fisiologia do trabalho de Jules Amar<sup>1</sup>. Poderíamos pensar o trabalho humano no sentido físico do termo e mesmo sobre esta base definir os princípios de uma organização econômica da indústria. Decididamente, o conceito físico de trabalho tinha mesmo alguma coisa a ver com o senso comum do termo, e com o conceito econômico e sociológico de trabalho que estava no centro de minhas pesquisas universitárias.

Dentro do contexto científico do começo do século XX, esta questão permanecia ainda de um interesse epistemológico menor. Poderíamos considerar a obra de Jules Amar como uma tentativa mais ou menos grosseira de trazer para o pensamento econômico e social um conceito físico. Tal interpretação estava

<sup>1</sup> Jules Amar, ao qual voltaremos no último capítulo deste livro, é um fisiologista francês contemporâneo de Taylor, que tinha por ambição pensar a organização industrial a partir de uma concepção estritamente fiscalista do trabalho humano.

de acordo com a concepção habitual, e muitas vezes fundamentada, sobre relações epistemológicas entre ciências “duras” e ciências “moles” que viam as segundas a procura permanente de uma inspiração nas primeiras. Mas esta interpretação não respondia a uma questão dos colegiais: por que este conceito físico se chamava trabalho? Era fácil de acusar de ingenuidade os pensadores sociais que utilizavam o conceito, e que os físicos haviam deliberadamente emprestado este termo ao vocabulário econômico e social.

Seria necessário observar mais de perto e voltar a origem do conceito físico de trabalho, isto é aos textos dos físicos – engenheiros do fim do século XVIII e do começo do século XIX aos quais é consagrado este livro. Na verdade, não foi esta questão propriamente dita que me incitou a ler esses autores, mas uma interrogação mais geral sobre as relações entre pensamento técnico e pensamento econômico. Minhas pesquisas sobre a organização industrial me convenceram, com efeito, que toda concepção aparentemente técnica de eficiência está fundada sobre uma norma econômica de valor. Eu me interessava então pelo conceito de rendimento e de forma mais geral pela termodinâmica, onde numerosos autores haviam mostrado a semelhança com a economia, quando descobri os textos de Coriolis, Navier e Poncelet, que fundam entre 1819 e 1829 o conceito de “trabalho”. A leitura desta literatura respondia a minha expectativa bem de acordo com o que eu podia esperar. Esses autores experimentaram de maneira muito explícita a dimensão econômica de suas diligências: a procura de uma norma de valor para pensar a economia das máquinas. Neste contexto, a noção de trabalho aparece em seus textos, de início com o sentido comum, econômico e social, antes de ser fundado como conceito físico; foi, ao desenvolver uma argumentação rica, complexa e relevante de análise econômica que esses físicos mostraram que a grandeza física “força multiplicada pela distância” era uma medida pertinente do “trabalho” no sentido ordinário do termo. A introdução “oficial” do conceito de trabalho dentro do glossário de termos físicos por Coriolis em 1829 constituiu assim o fim de uma longa elaboração teórica que se destinava em definitivo tanto a economia quanto a física.

É a análise deste ponto da História das Ciências, físicas e econômicas, que este livro convida os leitores. O núcleo desta obra é consagrado a um estudo aprofundado de três textos: a Memória sobre a força dos homens, de Charles-Augustin Coulomb (1798), as Notas sobre Bélidor de Claude-Louis Navier (1819), Sobre o cálculo do efeito das máquinas de Gaspard Coriolis (1829). Um capítulo introdutório permitirá situar esses textos do duplo

ponto de vista da História da Física e da Economia Política. Finalmente, um capítulo conclusivo indicará algumas pistas mais gerais de reflexão se apoiando sobre a história posterior das ciências, tanto físicas quanto sociais. Um leitor apressado poderá passar diretamente do capítulo introdutório ao capítulo das conclusões e apreender o espírito geral do estudo proposto; espero que isto o estimule a voltar aos capítulos centrais para seguir passo a passo o desenvolvimento da análise.

Esta interpretação econômica da mecânica do trabalho suscitará sem dúvida o interesse do epistemólogo, pois ela ilustra um tipo de relação entre ciências “duras” e ciências “moles”, raramente explicitado, onde os primeiros aparecem devedores dos segundos. Além disso, ela deveria também interessar, por razões simétricas, ao físico e ao especialista das ciências sociais: ela colocará para o primeiro o problema prático e como consequência a parte normativa, muitas vezes esquecida, de sua disciplina; ela convidará o segundo a investir no campo teórico dos processos técnicos, na maioria do tempo abandonado, muito menos aos especialistas das ciências “exatas”.

**N.B.** – Esta obra deve muito as longas e ricas discussões que tive com meu colega e amigo Jacques Rousseau – Egelé; eu sou o único responsável pela presente redação.

## Física do trabalho e economia da produção

Esta obra aborda o conceito mecânico de “trabalho”, tal qual é formulado por um pequeno grupo de físicos-engenheiros na virada do século XVIII para o XIX e mantido até os nossos dias no glossário dos conceitos físicos. “Produto de uma força pelo deslocamento realizado na direção desta força”. Nosso propósito não é propriamente falar de epistemologia da física, pelo menos tal qual a concebemos habitualmente, pois o conceito de trabalho tem, como Janus, dois rostos: de um lado uma expressão formal, que pertence a construção físico-matemática da mecânica analítica; do outro uma categoria de pensamento prático, que se inscreve na problemática econômica do “rendimento” das máquinas. É este segundo aspecto do conceito de trabalho que nos interessará a física propriamente dita não sendo senão um pano de fundo.

A busca da origem epistemológica do conceito de trabalho sofre uma reviravolta diferente seguindo o ponto de vista que nós adotamos. Se nos interessamos por sua expressão físico-matemática,

nós retornamos a Descartes, a Leibniz e a Newton. Mas nesses autores a grandeza física formalmente análoga a que nós chamamos hoje de trabalho não representa na realidade o sentido moderno desta noção, porque precisamente ele não se inscreve em uma problemática da economia da máquina. Em compensação, um engenheiro praticamente contemporâneo de Newton como Amontons, que está muito longe de dispor da aparelhagem conceitual do físico inglês, se aproxima por seu questionamento econômico muito mais do conceito moderno de trabalho e antecipa até o nome. O conceito de trabalho aparece assim verdadeiramente no momento onde a mecânica prática e a mecânica racional puderam se encontrar, seja quando a formalização física pôde ser colocada a serviço da economia da máquina. Esta junção se opera na articulação entre o século XVIII e o século XIX, entre 1780 e 1830, aproximadamente. Ela é contemporânea da “Revolução Industrial” e do nascimento da economia política “clássica”; isto não acontecerá, como veremos esta questão, por acaso.

Nosso objeto está, então, estreitamente delimitado pelo seu tempo e se resume ao estudo de alguns textos, principalmente os de Coulomb, Navier e Coriolis. Nós nos proporemos uma leitura original a luz de uma problemática econômica. Este enfoque é deliberadamente parcial e nós tentaremos mostrar o interesse que existe por trás. Mas, fora de toda outra consideração, ela pode se justificar do estrito ponto de vista da história da física. Com efeito, como já havíamos notado, os mecanicistas (NT) do século XIX não “inventam” verdadeiramente o conceito de trabalho, pois o produto da força pela distância pode se desligar formalmente da mecânica de Descartes ou da de Newton. Mas, em sua pesquisa de uma teoria físico-econômica da máquina, esses engenheiros isolam esta grandeza entre todas as outras que propõe a mecânica racional, eles mostram a significação econômica e finalmente, com Coriolis em 1829, denominam o termo que será usado pela posteridade.

O aporte propriamente mecânico desses engenheiros é então restrito. Sua contribuição verdadeira a história da física é em outro lugar. Colocando a ênfase no conceito de trabalho, eles empurram a mecânica clássica até os seus limites, até onde a força e o movimento se desligarão para serem transformados em outra coisa. Este “approach” abre a via para o conceito de energia e para a termodinâmica, teoria da conversão energética.

Por outro lado, já mostramos o aporte da problemática econômica para a elaboração da

termodinâmica, ciência símbolo da Revolução Industrial nascida da análise do motor térmico<sup>1</sup>. Mas essas diversas reflexões não mostram articulações analíticas precisas entre estas duas disciplinas: nós sublinhamos o papel da máquina a vapor como ponto de partida do questionamento termodinâmico, nós mostramos o interesse que movia Sadi Carnot em direção às questões econômicas, nós analisamos as semelhanças formais das problemáticas socioeconômicas e termodinâmicas; mas não nos desligamos do laço conceitual direto entre a termodinâmica e a teoria econômica. Dito de outra forma, a comparação efetuada entre a física e a economia é de ordem “epistêmica” (no sentido de Michel Foucault).

A análise do conceito de trabalho permite ir bem mais longe, valorizando uma articulação propriamente teórica entre a teoria física e a teoria econômica. Dizendo as coisas de maneira um pouco mais bruta – todo este livro tentará justificar esta tese – os engenheiros que nós iremos estudar fazem uma teoria econômica; sem o seu conhecimento talvez, mas isto mesmo terá que ser demonstrado. Pois se eles dispõem de um aparelho conceitual pertencente à física, seu questionamento é econômico: como medir a produção e os custos dos homens e das máquinas, como otimizar o consumo? O termo “trabalho” não apareceu por acaso sob sua caneta; não se trata de uma metáfora malfeita, que nós poderíamos isolar da construção teórica. A escolha deste termo, que não foi feita sem dificuldade, aparece ao contrário como a conclusão de uma longa elaboração conceitual, de natureza pelo menos mais econômica que física.

Antes de entrar no cerne da questão e passando sucessivamente por uma análise físico-econômica dos textos de Coulomb, Navier e Coriolis, parece necessário neste capítulo introdutório fornecer ao leitor um mínimo de pontos de referência, tanto em economia quanto em física. Nós retomaremos então em linhas gerais a História da Mecânica e dos debates que conduzem a elaboração do conceito de trabalho, pois apresentaremos também brevemente a história da teoria econômica da produção. Enfim, faremos um rápido inventário das diferentes contribuições a elaboração do conceito de trabalho entre 1780 e 1830, a fim de situar os textos que analisaremos nos capítulos posteriores.

**Nota do tradutor:** A tradução do termo francês “mecanicien” para mecanicista em português tem um

1 Nós voltaremos a essas questões no último capítulo. Faremos alusão aqui aos trabalhos, muito diferentes uns dos outros, além disso, o de Nicolas Geogescu-Roegen, Jacques Grinvald, Michel Serres, Isabelle Stengers, etc., além de uma pequena obra de Jean-Pierre Maury desta mesma coleção que apresenta o texto de Sadi Carnot, Carnot e a máquina a vapor, Paris, PUF, 1986.

significado um pouco diferente do que ele quer dizer. O termo mecanicista em português tem um significado mais genérico podendo significar desde os adeptos da filosofia mecanicista do século XVII como partidários de uma concepção mecanicista geral sem uma filiação filosófica específica. Já o termo “mecanicien” como é escrito por Vatin diz respeito aos engenheiros do período, politécnicos ou não. Em outras ocasiões ele os denomina “polytechnicien” que se refere aos engenheiros politécnicos.

## Mecânica racional e ciência dos engenheiros

A mecânica nasceu na Renascença como uma arte mais que uma ciência<sup>2</sup> (1): arte das máquinas, donde ela tira seu nome. Esta tradição de mecânica prática perdurará até o século XIX. Ela se desenvolverá mesmo a medida que as máquinas de início tenham sido sobretudo instrumentos militares e divertimento de príncipes, tornaram-se meios de produção largamente difundidos. A reflexão dos mecanicistas evoluirá então com a função social da máquina, para tornar-se “econômica”. Não se trata mais de obter, pelo prazer dos olhos ou pela potência militar, um máximo de efeito absoluto, mas, pelo lucro, um máximo relativo, aquele que “rende” o máximo para um gasto dado.

A mecânica industrial do século XIX saiu desta longa tradição de práticos que remonta à Renascença. Mas o engenheiro está atualmente a serviço da indústria, fonte da abundância e do progresso social. Claude Burdin (1788-1873), que foi um dos inventores da mecânica industrial, enunciou em 1815 com a maior clareza o seguinte programa: “A mecânica interessa todas as artes e contribui poderosamente para a prosperidade pública... Ao vincular a mecânica a economia política, mostramos o verdadeiro ponto de vista sob o qual esta ciência deve ser cultivada e encarada” (1). Esta simples citação é suficiente para justificar a leitura econômica que nós propusemos para mecânica industrial. Podemos ver que por esta iniciativa nós não introduzimos do exterior as

2 Não é questão aqui de fazer uma história da mecânica. Nós poderemos nos reportar a um assunto que René Dugas na sua História da mecânica, Neuchâtel, 1950, e, para um enfoque mais teórico, Ernst Mach, A mecânica, exposição histórica e crítica de seu desenvolvimento (trad. Francesa, Paris, 1904). Reedição Jacques Gabay, Paris, 1987. Nós temos tomado por guia privilegiado a obra de Jean-Pierre Sérís, Máquina e comunicação, do teatro das máquinas à mecânica industrial, Paris, Vrin, 1987, que percorre a história da mecânica do século XVI ao século XIX dentro de um espírito muito próximo do nosso. Enfim, nós recomendamos ao leitor pouco versado em física a notória pequena obra de Paul Sandori, Pequena lógica das forças, Paris, Point-Seuil, 1983, graças a qual temos podido nós mesmos acessar os conceitos elementares da mecânica.

problemáticas estranhas aos autores estudados, mas reencontramos ao contrário a coerência profunda de seu questionamento.

Não é possível o tempo todo ignorar a elaboração paralela ao saber mecânico prático de uma ciência abstrata: a “mecânica racional”. Esta ciência físico-matemática se desenvolve do século XVII ao XIX, digamos de Galileu à Lagrange, simultaneamente em estreita correlação com a ciência das máquinas. Trata-se de uma ciência “pura” ao contrário do saber empírico dos engenheiros, tanto do ponto de vista do projeto como dos métodos. O projeto não é mais a concepção e o uso das máquinas, mas o conhecimento do mundo. A compreensão das forças e dos acontecimentos é explorada, não sobre os artefatos que são as máquinas, produtos da arte humana, mas sobre o universo natural. O termo “mecânica” é neste sentido usurpado antes que seja metafórico. É o universo, a natureza, que são agora pensados como “mecânicos”, as máquinas criadas pelo homem não sendo senão modelos pobres da grande Mecânica divina. O que poderia parecer de um ponto de vista científico como uma simples “generalização” é a evidência maior. A mecânica dos dispositivos não se envergonhava da filosofia; a mecânica universal incorpora a metafísica.

A mecânica racional se inscreve então no grande movimento filosófico que marca o nascimento do pensamento moderno. As considerações estritamente físicas, suscetíveis de validação experimental, estão estreitamente entrelaçadas com as questões filosóficas. Também não é para se impressionar que esta “ciência nova” promovida por Galileu mobilize os maiores filósofos do século XVII, tais como Descartes e Leibniz, e apaixone ainda os do século XVIII, como Kant e os enciclopedistas franceses. O projeto filosófico trazido pela mecânica racional explica também a forma matemática que adquiriu esta ciência. Para os filósofos do século XVII a língua de Deus é matemática. Se pesquisarmos uma expressão matemática das leis da natureza, não é por comodidade, mas por que as leis físicas seriam, por sua essência divina, matemáticas. As revoluções astrais, minuciosamente observadas por Tycho Brahe e Johann Kepler estão suficientemente prontas para esta leitura, de onde saíram as leis de Newton e de seu desabrochar, toda a física moderna, com as noções de massa e aceleração.

De certo ponto de vista, a mecânica racional, construída por Newton e reformulada um século e meio depois por Lagrange, pode ser considerada como um ramo da matemática mais do que um saber físico. Nós nos interessamos pelas trajetórias das partículas ideais, dotadas de propriedades

abstratas (massa, aceleração), independentemente de toda verificação empírica. As “ferramentas” matemáticas do cálculo infinitesimal não foram construídas anteriormente a esta pesquisa “física”, mas simultaneamente, tanto com Newton quanto com Leibniz. A física está submetida à matemática e esta aquela e à metafísica. Tanto melhor, poderemos dizer de forma caricatural, que as revoluções astrais são de uma ordem de grandeza tal que os dados observáveis estão de acordo com o modelo teórico. Mas a fonte essencial de validade do modelo não reside nesta conformação empírica, forçosamente aproximativa, mas no rigor da construção interna, expressão da Ordem divina.

A mecânica racional é assim gradualmente afastada do estudo das máquinas onde ela tinha encontrado seus primeiros esquemas. Se a alavanca para a estática e o pêndulo para a dinâmica constituíram provavelmente os dois primeiros esquemas a partir dos quais o conjunto do edifício teórico pode ser construído, eles são, como abstrações, figuras ideais. As máquinas concretas da época são em compensação, como as descrevem elegantemente Jean-Pierre Sérís, as antípodas do modelo puro das equações galileanas do movimento, onde todo atrito é desprezado: “Se evocarmos as máquinas em operação a época onde essas “mecânicas” foram elaboradas e ensinadas, nós descobriremos uma maquinaria estridente que fazia um surpreendente barulho de fundo. Estas são apenas as engrenagens ou os acoplamentos dando violentamente contra o pinhão das lanternas, eixos que gritam dentro do cubo das rodas, cordas pouco flexíveis ou se as queremos sólidas, articulações com juntas muito folgadas ou muito apertadas, que se danificam ou que prendem, árvores com excêntricos e transmissões que foram atingidas”<sup>1</sup>.

A mecânica racional de Galileu, de Descartes, de Newton não era assim diretamente aplicável às máquinas e não se deve surpreender que tivesse se mantido paralelamente um “corpus” de conhecimentos experimentais, mais ou menos formalizado, destinado aos práticos.

Seria falso dizer que esta física prática ignorou os aportes dos sábios filósofos e em particular o cálculo infinitesimal, mas ela recorreu prudentemente, na medida da necessidade. Da mesma maneira, não poderíamos deduzir de nossa apresentação um pouco caricatural que os grandes sábios da época clássica que eles seriam desinteressados do estudo das máquinas, deixado aos práticos autodidatas. Muito pelo contrário, a ciência das máquinas interessou ao longo do século XVIII alguns deles entre os maiores nomes da ciência europeia. Huygens, Leibniz, Jean

1 J.-P. Sérís, op. cit. P. 165.



e Daniel Bernoulli, Euler, etc<sup>1</sup>. Mas a esses grandes pensadores, se colocaram os problemas com uma acuidade considerável, não conseguindo ultrapassar significativamente a elaboração de uma ciência das máquinas dos práticos mais ou menos autodidatas, como Amontons, Parent, Bédior, ou Smeaton, que tinham um conhecimento aprofundado das máquinas.

Era necessário esperar até o fim do século XVIII para que Lazare Carnot desenvolvesse a “ciência das máquinas” e pudesse ser formalmente integrada à mecânica racional. Além disso, a obra de Lazare Carnot não será de imediato compreendida e foram os mecanicistas da geração posterior, Navier, Coriolis, e Poncelet que realizaram esta integração ao saber acadêmico. Dito de outra forma, é no momento onde a observação da máquina a vapor provoca, com a termodinâmica, uma renovação na física criando vias completamente novas, que o conhecimento mecânico das máquinas, de vários séculos atrás, pode enfim ser convenientemente interpretado pela mecânica racional. O conceito de “trabalho” está, como iremos tentar mostrar, no centro desta prospecção histórica.

## Da força viva ao trabalho

A impossibilidade de elaborar, antes do fim do século XVIII, uma teoria geral das máquinas no interior da mecânica racional, vem desde que nos deparamos com um dos problemas mais delicados postos aos sábios e filósofos da idade clássica: o da conservação da força e do movimento em um sistema dinâmico. A estática fornece uma noção clara do equilíbrio; a análise de toda máquina, considerada estaticamente, pode, com efeito, se ligar a lei da alavanca<sup>2</sup>. Como conservar este conceito de equilíbrio, seja pela equivalência das forças, quando a alavanca, ou qualquer outra máquina, está em movimento, isto é, quando o sistema de forças não está mais em equilíbrio, mas desbalanceado produzindo movimento? Qual intercâmbio de forças se opera entre diferentes partes da máquina? E como medir esta “força viva”?

Esta questão era das mais delicadas para os sábios dos séculos XVII e XVIII e a compreensão de seus debates ainda é para nós muito difícil, não somente porque a questão é em si complexa, mas porque dentro das discussões da época os problemas físicos estão imbricados com questões metafísicas e

1 Cf. por exemplo a atividade de Leibniz como engenheiro de minas de Harz, em Jon Elster, Leibniz e a formação do espírito capitalista, Paris, Aubier-Montaigne, 1975.

também porque o sentido dos termos não está ainda estabelecido. O debate sobre esta questão foi tornada célebre na história da física sob o nome de “querela das forças vivas”, que opôs de um lado Leibniz e do outro os cartesianos, depois os leibnizianos contra os newtonianos. Tratava-se de saber qual era a medida da “força” conservada no curso de um processo dinâmico: o produto da massa pela velocidade (MV, “quantidade de movimento”) ou o produto da massa pelo quadrado da velocidade (MV<sup>2</sup>, “força viva”).

Esta questão foi considerada, segundo a fórmula de d’Alembert, como uma “disputa de palavras”<sup>2</sup>, devido a um mal-entendido sobre o sentido do termo “força”. Do ponto de vista da mecânica racional, a conservação das forças vivas e a conservação da quantidade de movimento não são completamente incompatíveis; a segunda lei de conservação parece sempre mais geral que a primeira, pois ela é verificada, na ausência de atritos, nos choques dos corpos duros, enquanto que a força viva não se conserva senão nos choques perfeitamente elásticos. Mas a questão é completamente diferente se a examinamos do ponto de vista da ciência das máquinas, ou seja, do ponto de vista de uma economia da força. É então legítimo, se as palavras devem ter um sentido, de chamar “força” aquilo que é suscetível de certo “efeito” mecânico e de considerar então que duas forças são iguais quando elas produzem o mesmo efeito. Ou, duas quantidades de movimento iguais não produzem efeitos iguais; é o caso, de duas forças vivas iguais, como o demonstra ‘sGravesande em 1729 por intermédio de uma experiência simples<sup>3</sup>. Neste sentido, a questão não é de pura forma nem exclusivamente metafísica: “Ela não diz respeito somente aos teólogos, mas também aos construtores de moinhos trituradores<sup>4</sup>”.

Como observa Jean-Pierre Sérís, todos os mecanicistas atentos a ciência das máquinas, se não é o conjunto dos físicos e dos filósofos, se reuniram após ‘sGravesande em defesa da tese de MV<sup>2</sup>, por razões

2 D’Alembert, Tratado de dinâmica, 1743 (citado por J.-P. Sérís, op. cit., p. 264).

3 J.-P. Sérís, op. cit., p. 270. É evidente que esta questão depende daquilo que chamamos um “efeito” mecânico; o conceito de “trabalho” está já subentendido nesta fórmula, como nós a compreendemos na descrição da experiência de ‘sGravesande. Deixando cair sobre a terra argilosa dois corpos de volume igual e de massas distintas, ele observa que seus impactos são iguais quando as alturas de suas quedas são inversamente proporcionais a suas massas. Onde a altura da queda (distância percorrida por um corpo submetido a força gravitacional) é, segundo a lei da queda dos corpos de Galileu, proporcional não a simples velocidade mas a seu quadrado (movimento uniformemente acelerado). O efeito é então proporcional à MV<sup>2</sup> e não à MV.

4 ‘sGravesande citado por Jean-Pierre Sérís, op. cit., p. 273.

não de doutrina mas de fato<sup>1</sup>. Esta vitória, parcial, da tese da força viva pode parecer tardia, pois no fundo a demonstração foi feita por Leibniz desde 1686. Como ‘sGravesande, Leibniz considera que “a força deve ser estimada pela quantidade de efeito que ela pode produzir” e adota por esta razão, contra Descartes, o produto MV<sup>2</sup><sup>2</sup>. Mais uma diferença importante de método separa a demonstração de Leibniz da de ‘sGravesande. Leibniz não se livra de uma experiência específica sobre o efeito dos corpos. É um postulado, fundado sobre o modelo do pêndulo, que ele adotou: ele supôs, com efeito, que “corpos tombando de uma altura dada adquire a força para voltar à mesma altura se a direção for invertida, eliminados todos os obstáculos exteriores” (isto é em uma situação ideal, sem atrito). É esta retomada teórica da massa que constitui o “efeito” em sua demonstração.

De acordo com Leibniz, o efeito é um movimento que se opõe ao peso, o que não é imaginável senão em um universo ideal sem atrito e o que significa que é impossível uma experimentação; de acordo com ‘sGravesande, em compensação o efeito é uma ação mecânica empiricamente observável. Deixamos a descrição abstrata do movimento para observar a ação sobre a matéria;

Passamos assim da mecânica racional à física experimental. O problema epistemológico de tal deslocamento teórico é cheio de consequências, como Jean-Pierre Sérís notou muito bem. Na experiência mental de Leibniz, a força viva se conserva como tal (o pêndulo retorna à altura inicial, o ciclo pode recomeçar); na experiência empírica de ‘sGravesande, a força viva “se perde” na deformação da matéria. Quando aparece uma resistência, ela realiza um “trabalho”.

Voltando ao conceito de “trabalho”, o princípio das forças vivas se liberta do problema da conservação fenomenológica do movimento, que limitava até então sua pertinência ao choque dos corpos elásticos. A força viva não se conserva como tal (como força em movimento) senão dentro da física

1 Nós assinalamos sempre que a demonstração de ‘sGravesande não prova senão que a força viva se conserva no universo. Em um sistema mecânico determinado, ela não se conserva senão em uma troca “perfeita”, sem choques nem atritos. O princípio da conservação da força viva não encontrará uma plena legitimidade fenomenológica senão dentro do quadro da termodinâmica, tornando o “primeiro princípio” (conservação da energia), a força viva não sendo senão uma forma particular de energia (energia cinética).

2 Leibniz citado por J.-P. Sérís, op. cit. Encontraremos dentro desta obra, p. 235 e s, uma análise desenvolvida de diferentes textos consagrados por Leibniz à dinâmica. J.-P. Sérís mostra que Leibniz caricatura um pouco a posição de Descartes a fim de construir sua própria teoria dinâmica.

“pura”, onde ela não produz nenhum efeito; na ação das máquinas, ela está destinada a desaparecer. Um século mais tarde, a mecânica industrial tirará plenamente suas consequências teóricas, físicas, mas também econômicas, desta concepção de máquina como consumidora de força viva. Mas veremos que no começo do século XVIII a ideia de trabalho como esforço feito para vencer uma resistência estava já presente. A obra de Guillaume Amontons (1663-1705) é, neste sentido, de surpreendente modernidade.

Guillaume Amontons é a este respeito um precursor. O projeto central de sua obra de mecanicista é a concepção de um “moinho de fogo”; esta máquina, que constitui, com as de Denis Papin (1690) e de Thomas Savery (1698), um dos primeiros modelos de máquina térmica e que será submetida em 1699 à Academia, mas que infelizmente jamais será construída. É para avaliar o interesse econômico de tal máquina que ele estudou a força dos homens e dos cavalos, a fim de estabelecer um instrumento de comparação, um padrão de medida. A força dinâmica pode segundo ele ser medida pelo produto de uma força estática (assimilável a um peso) por uma velocidade e um tempo. Ele compara o resultado da atividade dos homens e das máquinas como o produto de uma pressão (i.e. peso) por uma velocidade e por uma unidade de tempo. Esta grandeza “P.V.t, que nos remete a Coulomb, corresponde a um “trabalho” no sentido moderno<sup>3</sup>. A medida do trabalho humano é proposta a partir do de um exemplo que pode parecer anedótico, mas é de fato judiciosamente escolhido: o polimento de lentes. Nesta tarefa como na experiência de ‘sGravesande, a força do homem desaparece em uma ação sem retorno, no atrito. Amontons mediu a pressão média exercida pelos homens para polir, a velocidade de sua ação e a duração efetiva de seu trabalho diário. Ele chegou assim a uma medida da “potência” do trabalho humano, comparável ao de um cavalo ou de uma máquina de fogo: “Um homem sozinho não apresenta senão uma potência continuada de 12 libras e meia fazendo três quartos de légua por hora, isto é, em torno da sexta parte do trabalho de um cavalo”<sup>4</sup>.

Encontramos assim em Amontons todos os elementos que Coulomb desenvolverá cerca de um século mais tarde. Ele resolve medir, para os homens e os cavalos, a força “econômica”, a que pode se sustentar durante jornadas repetidas de trabalho com uma fadiga “normal” e não um recorde instantâneo que não teria nenhum interesse prático. Longe das querelas dos teóricos, este trabalho conduziu-o

3 A velocidade é suposta constante em relação ao tempo.

4 Amontons, citado por J.-P. Sérís, op. cit., p. 196.

espontaneamente a escolher por medida a força dinâmica uma grandeza que tem as dimensões físicas da “força viva” e a antecipar o conceito de trabalho. Nós reencontramos esta orientação pragmática em toda uma linhagem de pesquisas, mais tecnológicas que científicas, que percorrem o século XVIII: a hidrodinâmica, utilizada para melhoria da concepção dos moinhos.

Como mostra Jean-Pierre Sérís, a análise dos motores hidráulicos conduz necessariamente ao princípio das forças vivas.

Nós não retomaremos mais aqui esta história, que encontraremos em detalhes neste autor<sup>1</sup>. Situamos simplesmente as grandes etapas. O ponto de partida desta questão é uma memória de Antoine Parent (1666-1719): Sobre a maior perfeição possível das máquinas (1701), que tenta estimar a velocidade ótima a qual deve girar a roda de um moinho comparativamente a da corrente para obter “o maior efeito possível”. Estes trabalhos, retomados em 1725 por Henri Pitot (1695-1762), serão popularizados por Bernard Forest de Bélidor (1693-1761) em sua Arquitetura Hidráulica (1737-1739), manual de referência dos engenheiros do século XVIII. Paralelamente, um progresso teórico e experimental decisivo será feito por Daniel Bernoulli<sup>2</sup> (1700-1782) em sua Hidrodinâmica (1738), onde se encontra formulado, praticamente sob sua forma moderna, o “princípio das forças vivas”, seja a igualdade de dimensões físicas entre a “força viva” e o que chamaremos mais tarde de “trabalho”. Estas pesquisas serão retomadas por diversos físicos experimentalistas da segunda metade do século XVIII: tais como John Smeaton (1724-1792) na Inglaterra, Jean-Charles Borda (1733-1799) e Charles-Augustin Coulomb (1736-1806) na França, para não citar senão os principais. Mas, sobretudo, eles forneceram a base da primeira teoria sistemática das máquinas integrada à mecânica racional newtoniana, elaborada no fim do século XVIII por Lazare Carnot (1753-1823)<sup>3</sup>.

1 J.-P. Sérís, op. cit., Cf. também Bruno e Jean-François Belhoste. A teoria das máquinas e das rodas hidráulicas, Cadernos de História e de Filosofia das Ciências, nova série, no. 29, Paris, Difusão Belin, 1990.

2 Para uma análise detalhada, cf J.-P. Sérís, op. cit., p. 299 a 318. D. Bernoulli não está assim longe do conceito de trabalho, nem mesmo desta terminologia, pois que ela fala de “labores” ou “labor”.

3 A obra científica de Lazare Carnot tem sido estudada em detalhe por Charles C. Gillispie e Adolf P. Youschkevitch, Lazare Carnot sábio e sua contribuição a teoria do infinito matemático, Paris, Vrin, 1979. Ele começou a elaborar sua teoria mecânica das máquinas na ocasião de um concurso aberto pela Academia de Ciências em 1777 e transformado em relatório em 1780. A Academia, no entanto não ficou satisfeita com os trabalhos apresentados. As duas memórias que ele redigiu para a Academia, em 1778 e 1780, não foram premiadas (foi Coulomb quem ganhou finalmente o prêmio). Ele

Como mostra C. C. Gillispie, Lazare Carnot será pouco lido e pouco compreendido durante sua vida; ele inspirará muito os mecanicistas das gerações posteriores: Navier, Coriolis e Poncelet. A razão principal do silêncio que envolverá a obra de Lazare Carnot nos anos 1780-1790 parece ser precisamente o que fez o seu sucesso quarenta anos mais tarde: sua posição intermediária entre a mecânica racional e a ciência dos engenheiros. Em mecânica pura, Lazare Carnot não atingirá jamais a elegância teórica de Lagrange e podemos compreender que a Mecânica analítica, surgida em 1788, eclipsou todas as outras publicações contemporâneas. Mas, do ponto de vista prático, os trabalhos muito abstratos de Carnot não foram provavelmente diretamente explorados e também não foram difundidos para o grande público. No começo do século XIX em compensação, o maquinismo conheceu na França uma expansão considerável e a ciência das máquinas tornou-se objeto de interesse amplo e generalizado. Também, ela foi colocada no currículo da Escola Politécnica e de outras escolas de engenharia recentemente criadas, o que suscitará as publicações mais didáticas de Navier, Coriolis e Poncelet.

O nascimento no começo do século XIX da mecânica do trabalho apareceu assim estreitamente ligada a “Revolução Industrial”, e simultaneamente a economia política “clássica” forneceu o quadro doutrinário. É então indispensável de fazer agora um rápido retorno pela história da teoria econômica, insistindo notadamente nos conceitos de trabalho e de produção.

## A emergência dos conceitos econômicos de trabalho e de produção (séculos XVII–XIX)

Como a mecânica, a economia é uma ciência dedutiva suscetível de uma formalização independente de toda referência à observação<sup>4</sup>. Em sua gênese, reencontramos a mesma tensão, observada no caso da mecânica, entre um ponto de vista filosófico e outro pragmático. A vontade de elaborar uma “ciência” tem muitas vezes conduzido os economistas retomou seus trabalhos em uma obra publicada em 1783, Ensaio sobre as máquinas em geral, depois em uma segunda obra mais didática, Princípios fundamentais do equilíbrio e do movimento, que ele publicará em 1803, após se retirar da tumultuada vida pública e militar do período revolucionário.

4 A obra de referência em matéria de história do pensamento econômico é a de Joseph Schumpeter, História da análise econômica, Gallimard, 1983; para uma primeira aproximação ao pensamento econômico, nós utilizaremos com proveito a obra de Alain Samuelson, As grandes correntes do pensamento econômico, Grenoble, PUG, 1985.

a privilegiar o “approach” dedutivo, com o risco de negligenciar toda prática social. Charles Babbage, que foi entre todos quem tentou no começo do século XIX promover uma economia “industrial”, fazendo já esta reprimenda aos economistas de seu tempo: “Temos muitas vezes criticado os economistas de empregar muito pouco dos fatos e muito das teorias. Para explicar esta falta de fatos, nós lembramos que os sábios de gabinete não são muito familiarizados com as fábricas, e que eles não conhecem a classe manufatureira e comerciante...”<sup>1</sup>

O relativamente fraco interesse dos economistas pela indústria não se explica sempre unicamente pela preferência acadêmica por uma teoria pura, mas também pelo ponto de vista privilegiado que marcou essa disciplina depois de seu nascimento na corrente do pensamento do século XIX: o da condução dos negócios do Estado-nação. Pelo seu sentido etimológico a noção de economia remete a ideia de gestão privada, ou da casa, por oposição aos negócios públicos, domínio da política. Mas o conceito moderno é constituído da aproximação dessas duas palavras: “economia política”, seja a gestão dos negócios públicos concebidos como os da Casa do Príncipe.

A economia política apareceu assim no período “mercantilista” (séculos XVI-XVIII), paralelamente ao nascimento dos Estados-nações, como instrumento de aconselhamento do príncipe, para assegurar o poder de sua Coroa frente aos Estados concorrentes.

Nesta concepção da economia, a noção de “produção” não está ausente, mas ela é secundária com relação a noção de troca. A produção, fruto do trabalho do povo, constitui o instrumento interior do poder do Estado. A sua maneira, o pensamento mercantilista é então industrialista, mas o objetivo central não é o lucro privado, mas o poder público. O estímulo ao lucro é sempre uma sinalização útil para conduzir o produtor a contribuir com o poder do reino; a nação está a serviço do Estado. O nascimento da economia política clássica dentro das correntes de pensamento do século XVIII acarreta um retorno sutil a este esquema. O enriquecimento privado torna-se a finalidade suprema de toda atividade econômica; e, segundo a célebre metáfora da “mão invisível”, este enriquecimento é virtuoso, pois ele acarreta a prosperidade pública. O esquema mercantilista é o inverso: é agora o Estado que está a serviço da nação, como a fórmula da doutrina liberal, advogada antes mesmo de Smith desde meados do século XVIII pelos fisiocratas.

1 C. Babbage, Tratado sobre a economia política das máquinas e das manufaturas, ed. França., Paris, 1833.

A noção de produção, que estava a margem do pensamento mercantilista, está assim no centro do pensamento clássico; ela não está mais submetida à circulação, é agora ela que comanda a circulação. Para os fisiocratas, que são sob este ponto de vista os primeiros “clássicos”, a produção aparece como o resultado de um processo natural. O trabalho humano não faz senão “fecundar” a natureza, fonte de toda riqueza. É porque só o trabalho no solo, e particularmente a agricultura, é produtiva de um “produto líquido”, “dom gratuito” da natureza que rende mais do que nós lhe damos; os trabalhadores do solo são então denominados “classes produtivas”. As outras classes trabalhadoras (artesãos, comerciantes) são em compensação considerados “estéreis”, no sentido onde sua atividade (concretamente útil) não constitui senão uma transformação da riqueza natural extraída pelas grandes classes “produtivas”. O modelo dos fisiocratas é muito poderoso, pois permite isolar um “ganho” e então de pensar a atividade econômica como realmente produtiva de riqueza; mas este ganho é o resultado de uma propriedade natural da terra que a sociedade humana teria somente a tarefa de cultivar.

No fim do século XVIII, Smith vai fundar a economia política moderna se opondo precisamente a esta dimensão naturalista do pensamento fisiocrático. O conceito de trabalho, que está no centro de sua teoria, vai servir de ponto de apoio a esta crítica<sup>2</sup>. A “divisão do trabalho”, porque ela aumenta a eficácia de cada trabalhador individual, é fonte da prosperidade pública. Mas em uma sociedade que comporta a divisão do trabalho, cada um vive do trabalho do outro mais do que do seu próprio. O trabalho é fonte do valor, pois ele é o que se troca por trás das mercadorias entre os indivíduos sociais. Comprar um bem é comprar o que vale a pena do outro, ontologicamente análogo ao que de seu vale a pena e que assim poupamos. A teoria do valor-trabalho se depura assim diretamente em Adam Smith através de sua teoria da divisão do trabalho.

Expressão do valor humano, o valor do trabalho é invariável; o valor absoluto (o “preço real”) de toda mercadoria será então a quantidade de trabalho que ela pode “comprar ou ordenar”<sup>3</sup>. Nós encontraremos

2 C.f. nesta mesma coleção de Jean Mathiot, Adam Smith, filosofia e economia, Paris, PUF, 1990.

3 O problema do valor, tal como colocam os economistas clássicos, e como também o encontramos no pensamento físico-econômico dos engenheiros, é devido ao carácter insuficiente da forma “preço” grandeza econômica fenomenologicamente saída do mercado. O preço, relação de troca entre duas mercadorias, é uma grandeza relativa. O “valor” será em compensação uma medida absoluta, invariável, que terá o poder teórico do conceito físico de “massa”.

em Coulomb um impressionante eco desta teoria de Smith, que lhe é contemporânea.

A teoria do valor de Smith será muito criticada por seus sucessores diretos: David Ricardo na Inglaterra o reformulará, Jean-Baptiste Say na França, o rejeitará totalmente. Mas nem um nem outro colocarão em causa o primado teórico da produção que está no centro da análise de Smith. Mesmo a teoria de Ricardo é analiticamente muito mais poderosa que a de Say, ao qual iremos nos deter, pois suas ideias dominam a paisagem da economia política francesa do começo do século XIX, no momento onde os engenheiros-mecanicistas definem o conceito “físico” de trabalho<sup>1</sup>.

## A economia da produção na França no começo do século XIX: Jean-Baptiste Say e a economia industrial

Jean-Baptiste Say (1767-1832) é um autor frequentemente desacreditado pelos historiadores do pensamento econômico depois dos comentários pouco elogiosos feitos pelo próprio Karl Marx. Ele não é seguramente um teórico do nível de seu contemporâneo David Ricardo. A diferença deste último, Say não abre seu tratado por uma teoria do valor (que para ele parece uma inútil abstração), mas com uma explicitação teórica da noção intuitiva de produção. Esta análise é para nós particularmente interessante, pois ela se articula diretamente com a dos físicos-engenheiros.

A teoria da produção de Jean-Baptiste Say repousa sobre a noção de “utilidade”: “Faculdade que certas coisas têm de poder satisfazer às necessidades dos homens<sup>2</sup>”. Para Ricardo, como posteriormente para Marx, a “utilidade” ou o “valor de uso” é uma condição necessária para que os bens tenham um valor de mercado, um “valor de troca”, mas esta propriedade qualitativa não pode fundar o valor de mercado, quantitativo, que repousa sobre o custo de produção de bens, seja em uma primeira aproximação, sobre a quantidade de trabalho necessário para produzi-los. Para Say em compensação, o valor é fixado sobre o mercado pela utilidade, pois esta exprime simultaneamente a oferta e a demanda de bens.

A demanda é a medida da utilidade, pois “se os homens fixam o valor a uma coisa, é em razão de seus

<sup>1</sup> Nós teremos a ocasião de retornar posteriormente a teoria de Ricardo, pois descobriremos nos físicos-engenheiros algumas analogias formais com os problemas que eles colocam.

<sup>2</sup> J.-B. Say, Tratado de economia política, 1ª. Edição, 1803, reeditado após a 5ª. Edição (1826), Paris, Calmann-Lévy (1972), p. 50-51.

usos”, mas a oferta igualmente, pois “a produção (no sentido econômico) não é uma criação de matéria, mas de utilidade”. A noção de utilidade permite então a Say de articular precisamente a análise físico-técnica e a análise econômica: “Não criamos os objetos: as massas das matérias que compõem então o mundo não podem aumentar nem diminuir. Tudo o que podemos fazer é operar com essas matérias sob uma forma que lhes seja própria a um uso qualquer que elas não tenham ou somente que aumentem a utilidade que elas poderiam ter. Então existe uma produção não de matéria, mas de utilidade: e como esta utilidade lhes fornece o valor haverá produção de riquezas”.

Nós não podemos dentro do quadro deste trabalho desenvolver uma análise crítica das teorias de Say. Notemos simplesmente que Say aparece por vezes ao revés de Ricardo e mesmo de Smith, na medida onde ele não parece ter consciência do caráter teoricamente insuficiente do preço de mercado, e muito avançado sobre seu tempo na medida em que ele antecipa a teoria neoclássica do valor utilidade/raridade que apareceu no fim do século XIX<sup>3</sup>. Para nosso propósito direto, vemos que a teoria econômica da produção se apoia sobre um pensamento tecnológico. Tecnicamente, a produção aparece como um “truque” com a matéria, que permite ao homem se liberar das utilidades.

Esta concepção técnico-econômica da produção conduz uma vez mais a Say que está simultaneamente atrás e a frente dos clássicos ingleses. Desligando a ideia econômica da produção da materialidade das operações produtivas, ele pode ter uma concepção mais abrangente da criação do valor, ao reconhecer, a diferença de Ricardo (e mais tarde de Marx), do caráter produtivo do comércio e dos serviços. Mas, sua concepção substancial, ingênua podemos dizer, da utilidade o conduz paralelamente a admitir a participação ativa da natureza na produção, o que parece lembrar os fisiocratas. É interessante para nós nos determos sobre este último ponto, que nos aproxima da economia política dos engenheiros-físicos.

Para Say, a participação da natureza na produção é uma evidência fenomenal indiscutível; ele encontra

<sup>3</sup> Para dizer as coisas rapidamente, os neoclássicos identificam como Say valor e preço a partir do conceito de utilidade. Mas eles construíram esta nova teoria do valor graças ao cálculo na margem, que lhes permite distinguir a utilidade total e a “utilidade marginal” (utilidade da última unidade produzida ou consumida) e a uma concepção sistêmica do mercado, onde as ações da oferta e da demanda são pensadas simultaneamente para o conjunto dos bens e dos agentes (“equilíbrio geral” de Walras). Essas duas ferramentas fazem falta a Say, sua teoria de preço continua indeterminada.

para exprimir os tons fisiocráticos: “Desde que se trabalhe e que se semeie um campo, além do conhecimento e do trabalho que empregamos nesta operação, além dos valores já formados e que fazemos uso, como o valor do arado, da grade, das sementes, das vestimentas e dos alimentos consumidos pelos trabalhadores durante o processo de produção, existe um trabalho, executado pelo solo, pelo ar, pela água, pelo sol, ao qual o homem não toma parte, e que concorre, portanto para a criação de um novo produto que será recolhido no momento da colheita. Este trabalho que eu chamo de serviço produtivo dos agentes naturais<sup>1</sup>”.

Nós temos intencionalmente sublinhado neste texto o termo “trabalho”, pois ele tem sido tomado no sentido (econômico) que lhe deram os físicos-engenheiros. Para Say, como para os últimos, as formas naturais e as máquinas “trabalham”, pois elas participam como os homens na produção da utilidade; o “trabalho” das máquinas é bem análogo ao dos homens, na medida em que se pode pensar a substituição de um pelo outro: “No trabalho das máquinas e por meio delas o homem adiciona a sua capacidade, uma parte do produto obtido que é devido ao valor do capital da máquina, e outra a partir da ação das forças da natureza. O que supomos, é que em lugar das pás de um moinho de vento, havia uma roda a movimentar e que dez homens a fariam girar: então o produto do moinho poderia ser considerado como o fruto do serviço do capital, que seria o valor da máquina, e do serviço dos dez homens que a fizeram girar; e se nós substituirmos as pás da roda a se movimentar, torna-se evidente que o vento, que é um agente fornecido pela natureza, é que executa a obra de dez homens”.

O conceito de “trabalho” é então muito amplo para Say. Ele é de fato equivalente ao “serviço produtivo” e exprime a produção sob o ângulo da oferta (do gasto) quando a utilidade o exprime sob o ângulo da demanda. O conceito de “trabalho mecânico” dos engenheiros físicos se inscreve assim perfeitamente na economia política de Say. É difícil de dizer sempre se Navier, Coriolis ou Poncelet tinham lido as obras de Say. Mas o ensinamento de Say é incontestavelmente largamente difundido entre os engenheiros da Restauração. Em 1819, com efeito, Say é encarregado

<sup>1</sup> Ibid, p. 65-66. A referência aos fisiocratas é explícita. Mas não há necessidade de se enganar, com a diferença desses últimos, não é a agricultura, mas a indústria que Say tem inicialmente em vista: “Esta expressão, agentes naturais, é tomada aqui em um sentido bem entendido; pois ela compreende não somente os corpos inanimados na qual a ação opera para criar os valores, mas ainda as leis do mundo físico como a gravitação que faz descer o peso de um relógio, o magnetismo que dirige a agulha de uma bússola, a elasticidade do aço, o peso da atmosfera, o calor que surge com a combustão, etc.”

do ensino da “economia industrial” no Conservatório Real (nacional) de Artes e Ofícios. Ele põe em contato nesta instituição especialistas em mecânica, abertos a economia política e que compartilham sua orientação liberal: notadamente Christian, então diretor do Conservatório, e Charles Dupin, nomeado no mesmo tempo que ele professor de geometria e mecânica<sup>2</sup>.

Christian, Dupin e alguns outros serão os propagandistas na França dos anos 1820-1830 de um saber que utiliza a economia liberal, a de Say, e as ciências industriais, a química, mas, sobretudo a mecânica. Este movimento não é propriamente francês. Encontramos o equivalente na Inglaterra com Andrew Ure e, sobretudo com Charles Babbage, que associam muita competência técnica e econômica. Todos os autores procuram conceber a intenção dos dirigentes de empresas em uma “economia industrial”, que poderia encontrar seu lugar ao lado da “economia política” propriamente dita destinada aos responsáveis políticos.

A missão desta nova disciplina é de pensar, na via aberta por Jean-Baptiste Say, a produção industrial como combinação complexa da atividade dos homens e a das máquinas. Esta ação encontra sua exata dimensão nas pesquisas contemporâneas dos engenheiros mecânicos, que, com Claude Burdin, entendiam “associar a mecânica à economia política”.

## A mecânica do trabalho: apresentação do dossiê

A mecânica do trabalho propriamente dita é elaborada entre 1815 e 1830 por um pequeno grupo de engenheiros, todos saídos da Escola Politécnica, cujos trabalhos são muito concentrados no tempo. Trata-se principalmente de Claude-Louis Navier (1785-1836), promoção da Politécnica 1805, Jean-Victor Poncelet (1788-1867), promoção 1807, Gustave-Gaspard de Coriolis (1792-1843), promoção 1808; secundariamente Alexis Petit (1791-1820), promoção 1807, Claude Burdin (1788-1873), promoção 1807 e Jean-Baptiste Bélanger (1790-1874), promoção 1808. Esses diferentes autores elaboraram mais ou

<sup>2</sup> Christian é o autor de um Tratado de mecânica industrial, Paris, 1822-1825, mas, sobretudo das Vistas sobre o sistema geral das operações industriais, ou Plano de tecnomia, Paris, 1819. Esta obra, que manifesta uma rara competência e grande visão sobre a organização técnica e econômica da indústria de seu tempo, é considerada a justo título por J. Guillerme e J. Sébestik, op. cit., como um dos textos fundadores da tecnologia. O barão Charles Dupin (1784-1873) é da geração de Navier, Coriolis e Poncelet; é como esses últimos politécnicos. Matemático, mas também economista e homem político de tendência liberal, ele fundará o serviço francês de estatística.

menos simultaneamente teorias semelhantes, que foram difundidas em seus ensinamentos e em suas publicações.

Esta simultaneidade se explica em grande parte por razões internas ao desenvolvimento deste corpus científico: de uma parte, após os trabalhos dos engenheiros do século XVIII, a questão estava madura para uma síntese teórica; de outra parte, como temos notado, o desenvolvimento das escolas de engenharia estimulava a publicação de obras didáticas de alto nível<sup>1</sup>.

Mas é necessário ter em conta também que a circulação rápida de informação no interior deste pequeno grupo de politécnicos da mesma geração, se transmitia, antes da publicação, de notas manuscritas ou litografadas. Isto resultou inevitavelmente em algumas querelas de paternidade científica, no entanto muito cortesias.

O primeiro texto anunciando a mecânica do trabalho é devido a Burdin em 1815<sup>2</sup>. Já temos citado este texto, que formula o programa: criar uma ciência das máquinas submetendo a mecânica à economia política. Uma primeira etapa deste programa científico é fornecida em 1818 por Alexis Petit em um artigo saído nos Anais de química e de física, que tenta aplicar o princípio das forças vivas a diferentes máquinas, hidráulicas, mas também térmicas<sup>3</sup>. Petit, que morre prematuramente em 1820, não terá mais o tempo de conduzir a bom termo essa iniciativa. Mas seu artigo suscita uma colocação erudita na mesma revista de seu colega mais velho Navier, que, em algumas brilhantes páginas, retoma toda história do princípio das forças vivas, depois de Galileu e Descartes até este último artigo de Petit, passando por Huygens, Daniel Bernoulli, Borda, Coulomb, Lazare Carnot e Lagrange<sup>4</sup>; sobretudo, Navier anuncia sua próxima reedição da Arquitetura hidráulica de Bélidor, que aparecerá efetivamente no ano seguinte. É nessas notas e acréscimos redigidos para a reedição desta obra que ele fornecerá sua contribuição essencial à mecânica do trabalho.

1 Encontraremos informações biográficas muito úteis sobre as carreiras de professores deste grupo de engenheiros in B. e J.-F. Belhoste, op. cit.

2 Nós resumiremos rapidamente este histórico, que encontramos desenvolvido por J.-P. Sérís, op. cit. (p. 377 a 407), bem como por C. C. Gillispie, op. cit. (p. 125 a 138), e por B. e J.-F. Belhoste, op. cit.

3 A. Petit, Sobre o emprego do princípio das forças vivas no cálculo do efeito das máquinas, “Anais de química e de física”, t. 8, Paris, 1818 (p. 287-305).

4 C.-L. Navier, Detalhes históricos sobre o emprego do princípio das forças vivas na teoria das máquinas e sobre diversas rodas hidráulicas, “Anais de química e de física”, Paris, 1818 (p. 146-159).

Na mesma época, Coriolis já se interessava pela ciência das máquinas. Ele redige em 1819 Considerações mecânicas sobre a teoria das máquinas em movimento, cuja difusão, sob a forma manuscrita, ficará muito tempo confidencial. É somente dez anos mais tarde, que ele reformulará essas notas para publicar sua obra maior, Do cálculo do efeito das máquinas<sup>5</sup>. É nesta obra que Coriolis põe de maneira definitiva a teoria mecânica do trabalho e cunha este termo. Após o que ele disse em 1829, Coriolis não conhecia quando redigiu seu manuscrito de 1819, o artigo de Burdin nem os de Petit e Navier, e a fortiori a reedição de Bélidor, que apareceu um pouco mais tarde. Contrariamente ao que poderia se pensar os dez anos que separam essas publicações, sua conceitualização será contemporânea a de Navier. Contudo, mesmo na forma manuscrita, o texto de Coriolis conhece certa difusão nos meios científicos, tendo sido comunicado desde 1819 (sempre após Coriolis) a certo número de físicos incluindo Bélanger, depois em 1820 à Ampère e, sobretudo, em 1824 à Poncelet.

Poncelet é o terceiro autor de referência, reputado “inventor” do conceito de trabalho. Mas, de declaração própria, sua participação nesta elaboração teórica é mais tardia. Ele estava interessado desde 1817 na hidrodinâmica, o que o conduz em 1823 a conceber um modelo de roda d’água que leva seu nome<sup>6</sup>; mas é somente 1825, nomeado professor em Metz, que ele elabora sua própria versão da ciência das máquinas. Ele dispõe então, não somente da obra de Navier, mais ainda das notas de Coriolis que lhe tinham sido comunicadas no ano precedente.

Seu curso de “mecânica aplicada às máquinas” destinado aos alunos de aplicação de Metz é editado sob a forma de litografia em 1826. Ele publica paralelamente em 1829 sob o título Curso de mecânica industrial o conteúdo de um ensino ministrado após 1827 aos operários da cidade de Metz. É nesta obra, didática e vívida, que será reeditada após sua morte em 1870, que Poncelet fornece sua contribuição mais significativa a elaboração da mecânica do trabalho.

Apesar do lugar que lhe é reconhecido pelos epistemólogos da física, nós não julgamos útil concordar com a obra de Poncelet, como com a de Navier e de Coriolis, em um capítulo específico. Era indispensável efetuar uma análise aprofundada do

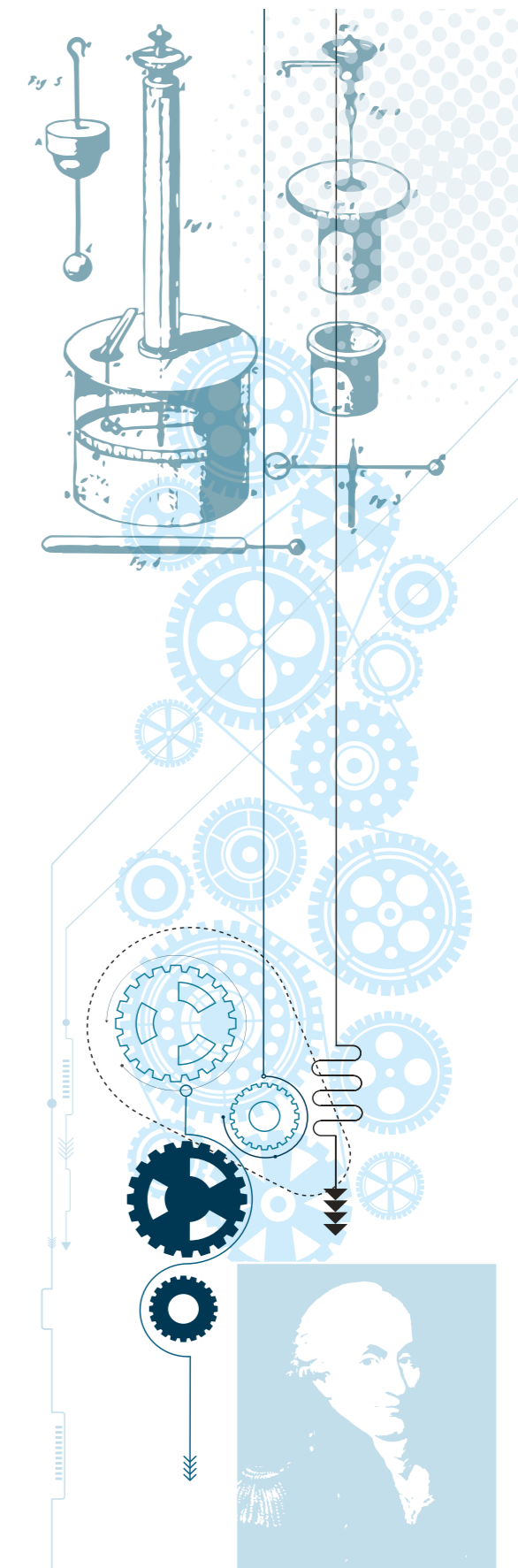
5 G. G. Coriolis, Do cálculo do efeito das máquinas, Paris, 1829.

6 Para uma análise detalhada do trabalho de hidrodinâmica de Poncelet, cf. Bruno Belhoste e Louis Lemaitre, J.-V. Poncelet, Os engenheiros militares e as rodas e turbinas hidráulicas, “Cadernos de História e de filosofia das Ciências”, no. 29, Difusão Belin, Paris, 1990.

texto de Navier: sendo o mais antigo dos três, é ele onde aparece mais nitidamente o fundamento econômico da problemática, em parte mascarada pela formalização física nos textos posteriores. Ele foi em seguida tornado redundante ao analisar sucessivamente os textos de Coriolis e de Poncelet, que são muito similares. Nós temos optado por Coriolis, que, por razões explicitadas precedentemente, nos parece ter o primado histórico e que, de todas as maneiras, é indiscutivelmente o inventor do termo (se não o conceito) de “trabalho” em sua acepção física moderna. São menos, contudo esses motivos de história das ciências, que a riqueza comparada desses dois textos, do ponto de vista da problemática que é a nossa, que motivou nossa escolha, forçosamente um pouco arbitrária.

Pode parecer curioso, após esta exposição, que nós nos interessamos antecipadamente por outro autor: Charles-Augustin Coulomb, que não faz parte do trio “oficial” dos inventores do conceito de trabalho. Mas é que nós temos até o presente seguido neste parágrafo o trabalho dos epistemólogos da física, que observamos a questão do ponto de vista da física da máquina: o problema se resume então a aplicação às máquinas do teorema das forças vivas, tentado por diversos físicos no curso do século XVIII, depois formalizada em uma teoria sistemática por Lazare Carnot, enfim retomada por Navier, Coriolis e Poncelet para conduzir ao conceito de trabalho. Segundo este ponto de vista, Coulomb faz parte de alguns autores que, no fim do século XVIII, contribuem, de maneira um pouco secundária, para suas pesquisas experimentais com a física das forças vivas.

Esta visão das coisas oculta outra dimensão do problema que atrairá nossa atenção: a significação propriamente econômica do conceito físico de trabalho, claramente manifestado pela escolha do termo. Nesta nova ótica, é indispensável que nos debrucemos sobre a obra de Coulomb, não tanto sobre suas pesquisas propriamente mecânicas, mas sobre um texto realmente original, bem conhecido dos especialistas de história da fisiologia do trabalho, mas negligenciado pelos epistemólogos da física: a Memória sobre a força dos homens. Esta obra, que utiliza os conceitos da mecânica do século XVIII para estudar e medir o trabalho humano, aparece manifestamente como uma das inspirações maiores de Navier, e para além de toda mecânica do trabalho. Sua análise, que nos levará ao capítulo seguinte, esclarece o conceito mecânico de trabalho e permite compreender o que se joga precisamente na mecânica industrial no começo do século XIX, a articulação do homem e da máquina, da física e da economia.



# eventos > abcm > 2018

## uncertainties.18

3<sup>rd</sup> International Conference on Vulnerability and Risk Analysis and Management

7<sup>th</sup> International Symposium on Uncertainty Modelling and Analysis

4<sup>th</sup> International Symposium on Uncertainty Quantification and Stochastic Modeling

8 a 11 de abril de 2018  
Florianópolis | SC

Organizadores:  
Marcelo Areias Trindade  
André Teófilo Beck

## enebi 2018

VI Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica

O Encontro Nacional de Engenharia Bio Mecânica é uma iniciativa do Comitê de Bioengenharia da ABCM para promover a integração e a troca de experiências entre os grupos que atuam nesta área no Brasil. Seu objetivo principal é que os grupos geograficamente dispersos pelo país conheçam-se mutuamente e estabeleçam cooperações de trabalho conjunto. Realiza-se nos anos ímpares, sendo o primeiro realizado em maio de 2007 na cidade de Itaipava, Rio de Janeiro.

08 a 11 de maio de 2018  
Campinas | SP

Organizadores:  
• Divisão de Tecnologias Tridimensionais - Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer | DT-3D,CTI  
• Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo | EESC-USP  
• Faculdade de Engenharia Mecânica | UNICAMP  
Adriano Siqueira | EESC-USP | Presidente  
Jorge Vicente Lopes da Silva | DT- 3D/ CTI | Presidente  
Zilda de Castro Silveira | EESC-USP | Vice-Presidente  
Pedro Yoshito Noritomi | DT-3D/CTI | Vice-Presidente



X Congresso Nacional de Engenharia Mecânica

Ocorre desde 1990, tendo sido denominado inicialmente de Congresso de Engenharia Mecânica do Norte-Nordeste (CEM-NNE). Passou a ser um evento regular da ABCM em 1992 e em 2000 assumiu a denominação de CONEM. Conta com a participação média de 600 pessoas e 500 trabalhos publicados nos Anais. Realiza-se a cada 2 anos.

20 a 24 de maio de 2018  
Salvador | BA

<https://eventos.abcm.org.br/conem2018/>

Datas Importantes:

- Submissão de Resumos: 14/08/2017
- Notificação de Aceite de Resumo: 11/09/2017
- Submissão do Artigo Completo: 09/10/2017
- Notificação de Aceite e Instruções de correção: 15/01/2018
- Submissão da Versão Final: 05/02/2018
- Notificação final de Aceite: 05/05/2018

Organizadores:

Alex Álisson B. Santos | CIMATEC-SENAI | Presidente  
Valter Estevão Beal | CIMATEC-SENAI | Vice – Presidente  
Josiane D. V. Barbosa | CIMATEC-SENAI | Secretária  
Joyce Batista Azevedo | CIMATEC-SENAI | Tesoureira



31<sup>st</sup> Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences  
Belo Horizonte - Brazil

31<sup>st</sup> Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences

The International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS) was created in 1957 by Prof. Theodore von Karman as a nonprofit and non-governmental scientific organization to encourage the international exchange of information, research and technology in aeronautics. ICAS is the only international forum that covers the world of aeronautics, bringing together a global array of topics and participants. Today ICAS continues to support the work of aerospace professional Member Societies around the world. Through Associate Memberships, ICAS brings together aerospace companies, national laboratories and educational institutions. The 2018 ICAS Congress will be held in Belo Horizonte, Brazil; the first time the Congress will be held in South America.

09 a 14 de setembro de 2018  
Belo Horizonte | MG

<http://eventos.abcm.org.br/icas2018/>

Datas Importantes:

- Upload your abstracts on [www.icas.org](http://www.icas.org): 15/07/2017
- Authors receive an answer: 30/11/2017

Organizadores:

Eduardo M. Belo | Coord. Geral do Comitê Organizador Local  
Leonardo Santos de Brito Alves | Coordenador Financeiro  
Carlos Alberto Cimini Júnior | Coordenador de Promoção  
Carlos Augusto Malta | Coordenador Administrativo  
Mario Lott Guimarães Filho | Coordenador Administrativo  
Carlos Roberto Castelanó Júnior | Secretariado Local  
Celso Yukio Nakashima | Secretariado Local  
João Henrique A. Azevedo | Secretariado Local

## ENCIT 2018

17<sup>th</sup> Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering

Único evento regular no Brasil dedicado à área de ciência e engenharia térmica e de fluidos. Conta com a participação média de 350 pessoas e 350 trabalhos publicados nos Anais. Realiza-se a cada dois anos, desde 1986.

25 a 28 de novembro de 2018  
Águas de Lindóia | SP

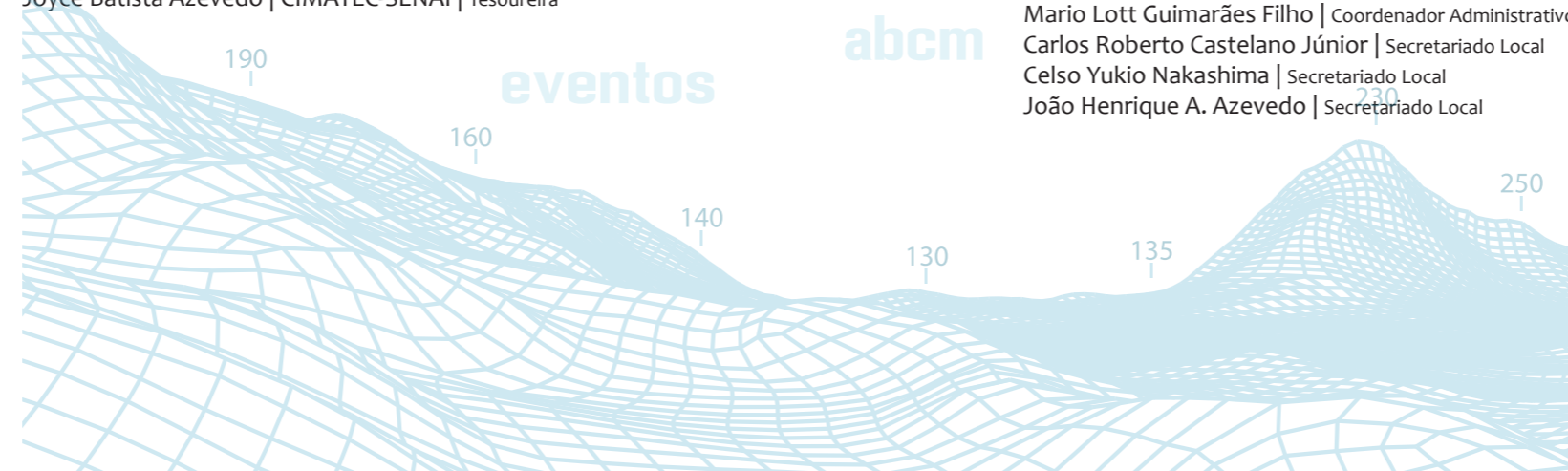
<https://eventos.abcm.org.br/encit2018/>

Datas Importantes:

- Submissão de resumos estendidos: 01/03/2018
- Aceite dos resumos estendidos: 01/05/2018
- Submissão dos trabalhos completos: 01/08/2018

Organizadores:

Erick de Moraes Franklin | UNICAMP | Presidente  
Marcelo Leite Ribeiro | USP-SC | Presidente  
Cristiano Bigonha Tibiriça | USP-SC | Editor Científico  
William Roberto Wolf | UNICAMP | Editor Científico  
Luben Cabezas Gómez | USP-SC | Tesoureiro  
Marcelo Souza de Castro | UNICAMP | Tesoureiro



abcm  
eventos



# expediente

## Revista ABCM Engenharia

publicação impressa | ISSN 2237-9851

Volume 20, número 2, 2017

## Editoria da Revista ABCM Engenharia

Sergio Viçosa Möller, Editor

[svmoller@ufrgs.br](mailto: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.

## Diretoria Biênio 2015-2017

Prof. Sergio Viçosa Möller | UFRGS

Presidente

Prof. Luís Mauro Moura | PUCPR

Vice Presidente

Prof. João Luiz Filgueiras de Azevedo | DCTA/IAE

Diretor Técnico-Científico

Prof. Marcos Pinotti Barbosa † | UFMG

Diretor Secretário | até jan. 2016

Prof. Gherhardt Ribatski | USP-EESC

Diretor Secretário | a partir de fev. 2016

Prof. Leonardo Santos de Brito Alves | UFF

Diretor Tesoureiro

## Conselho 2015/2019

Efetivos

Katia Luchesi Cavalca Dedini | UNICAMP

Agenor de Toledo Fleury | Centro Universitário da FEI

Amir Antônio Martins de Oliveira Júnior | UFSC

Enio Bandarra | UFU

Carlos Roberto Ilário da Silva | EMBRAER S.

Suplentes

Edgar Nobuo Mamiya | UNB

Luciano Luporini Menegaldo | UFRJ

Maria Luiza Sperb Indrusiak | UNISINOS

Claudio Ruggieri | EPUSP

Márcio Ziviani | UFMG

## Conselho 2013/2017

Efetivos

José Roberto de França Arruda | UNICAMP

Marcelino Guedes F. M. Gomes | PETROBRAS

Marcílio Alves | USP

Maria Laura Martins Costa | UFF

Paulo Smith Schneider | UFRGS

Suplentes

José Manuel Balthazar | UNESP

Paulo Seleglim Jr. | USP

Ednildo Andrade Torres | UFBA

## Comissões permanentes

Admissão

Leonardo Santos de Brito Alves | UFF

Francesco Scofano Neto | IME

Luciano Menegaldo | UFRJ

Ciência e Tecnologia

João Luiz Filgueiras de Azevedo | DCTA/IAE

José Roberto de França Arruda | UNICAMP

Francis Henrique Ramos França | UFRGS

Divulgação e Publicações

Gherhardt Ribatski | USP

Maria Laura Martins Costa | UFF

Domingos Alves Rade | ITA

Ensino e Difusão de Pesquisa

Luís Mauro Moura | PUCPR

Su Jian | UFRJ

Valder Steffen Júnior | UFU

Intercâmbio Institucional

João Luiz Filgueiras de Azevedo | DCTA/IAE

José Roberto de França Arruda | UNICAMP

Luiz Bevilacqua | UFRJ

## Secretária Executiva

Débora Estrella

Av. Rio Branco, 124/14º andar - Centro

20040-001 - Rio de Janeiro - RJ

Tel: (0 xx 21) 2221 0438

Fax: (0 xx 21) 2509 7128

[abcm@abcm.org.br](mailto:abcm@abcm.org.br)

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

## Projeto Gráfico

JG música e design

[adageisa4@gmail.com](mailto:adageisa4@gmail.com)

