
A termoeletricidade que a mudança de paradigma exigia.

18 de março de 2010

Entrevista a
J.J. Delgado Domingos

Grelha e aplicação Jorge Freitas Branco

Como se envolveu no Carregado?

Em 1960, Portugal ia iniciar uma mudança de paradigma na produção de energia elétrica, até aí predominantemente hidroelétrica. O conhecimento e experiência na área das centrais térmicas era muito limitado, pelo que decidi aprofundar um tema que também ensinava no Técnico. Como não havia bolsas de estudo para engenharia mecânica, propus-me a uma empresa suíça chamada Sulzer, na altura muito reconhecida na Europa e no mundo pela sua tecnologia nas caldeiras de circulação forçada. Estas eram as únicas que permitiam a utilização de ciclos de vapor supercrítico, cujo rendimento termodinâmico é muito superior ao dos ciclos habituais. A circulação forçada tinha ainda a enorme vantagem de permitir a realização de centrais térmicas com capacidade de variação muito rápida da produção, mantendo o rendimento térmico.

Para surpresa minha, e quase de imediato, a Sulzer ofereceu-me um lugar de engenheiro. Fui assim viver para Winterthur, próximo de Zurique, onde estavam as fábricas e a investigação. Foi, para mim, uma experiência importante, sob múltiplos aspetos, apesar dos poucos meses que lá residi.

Nessa altura a Sulzer tinha licenciado uma empresa nos Estados Unidos e outra no Japão e eu participei nessa transferência de tecnologia, em particular na área do controlo dinâmico. Para isso contribuiu o meu *background* em termodinâmica e em metalurgia, porque tinha trabalhado nesse setor no Instituto Nacional de Investigação Industrial, iniciado ainda como estudante, continuado em França com um estágio na siderurgia e depois na Fábrica Militar de Braço de Prata, na área da fundição e metalomecânica, onde, inclusivamente, participei no início da fabricação da espingarda G3.

Os suíços eram extremamente fechados e seversos na defesa do *know how* que tinham. Faziam-no compartimentando o conhecimento entre setores, numa forma típica em indústrias militares estratégicas, como o nuclear. Na altura em que lá estava surgiu um problema grave numa central em Itália, provocada pela transição da queima de gás natural para fuelóleo. Em face da dificuldade criaram uma *task force* para tentar solucionar o problema. Para a *task force* selecionaram as pessoas da empresa cujo *background* combinasse termodinâmica e tecnologia mecânica com a metalurgia e o comportamento térmico de aços a temperaturas muito elevadas. O meu *background* tinha isso. Fui por isso integrado na *task force* e passei a ter acesso a conhecimento técnico e a *know-how* que me estaria vedado em situações normais. Aprendi muito.

Mas a minha vontade era regressar a Portugal, uma vez que considerava o trabalho na Suíça como uma fase transitória da minha vida, uma etapa de formação.

Sendo assistente no Técnico, tinha pedido a suspensão do contrato e não queria perder definitivamente a ligação. A Sulzer, sabendo da minha vontade de regressar ao país recomendou-me que contactasse a sua licenciada em Portugal, a Mague, pois lhes poderia ser muito útil.

Quando regresssei escrevi à Mague, que de imediato me contratou, permitindo-me manter o lugar no IST, que entretanto tinha aberto concurso para professor catedrático na disciplina de caldeiras e permutadores de calor, a que vim a concorrer.

Nessa altura, Portugal estava a iniciar a transição de um regime fundamentalmente hidroelétrico para o termoeletrico, forçado pelo crescimento dos consumos de eletricidade. A cultura dominante na produção de eletricidade, ainda nos anos 60, era a das hidroelétricas, lançadas pelo prof. Ferreira Dias, professor do Técnico,

que como secretário de Estado no anos 40 foi o grande impulsionador da industrialização em Portugal. Décadas depois foi ministro. Com as hidroeléctricas, a produção da electricidade para satisfazer o consumo não estava garantida, devido à sua dependência da pluviosidade, pelo que era sempre necessário algum apoio de origem térmica. Para isso, existia a central térmica da Tapada do Outeiro, que utilizava os carvões muito pobres que tínhamos no norte do país, no Pejão e em São Pedro da Cova. Mas era apenas um funcionamento de excepção, em períodos muito secos. Por outro lado, os carvões nacionais eram tão pobres, com mais de 40% de cinzas, que exigiam um desenvolvimento de novas tecnologias para a câmara de combustão da caldeira. O fabricante foi a empresa francesa Stein & Roubaix, que tinha a CUF (metalomecânica) como licenciada. Portugal pagou, na prática, todos os custos do desenvolvimento da tecnologia de queima de carvões muito pobres, de que a nossa indústria não aproveitou nada. Em contrapartida, a Stein & Roubaix projetou-se no mercado internacional com as várias caldeiras da Tapada do Outeiro ... que aliás nunca cumpriram as especificações do concurso quanto à percentagem máxima de fuelóleo que era necessário juntar ao carvão para que a caldeira funcionasse.

Eu estava interessado no tema e acompanhei, como jovem engenheiro, todos os ensaios de recepção da última caldeira da Tapada do Outeiro. Creio que fui o único engenheiro português a fazê-lo.

Independentemente dos aspetos tecnológicos era evidente que os carvões nacionais não poderiam ser o combustível escolhido para a nova era de termoelectricidade que a mudança de paradigma exigia. E as alternativas na altura eram, ou carvão importado, ou energia nuclear ou fuelóleo, que se tornava cada vez mais popular na Europa e nos EUA.

Regressei a Portugal, vindo da Sulzer, quando a mudança de paradigma se começava a concretizar. Pouco tempo depois foi aberto o concurso para a primeira central térmica do novo ciclo, a Central Térmica do Carregado.

A abertura deste concurso foi precedida de um congresso promovido pelo Grémio Nacional dos Industriais de Electricidade, que se

realizou, creio que em 1964, no Instituto Superior Técnico, visando discutir as implicações do novo paradigma e as opções técnicas a tomar.

Na verdade, como depois percebi, tratava-se apenas de legitimar decisões já tomadas, mas publicamente desconhecidas. Nesse encontro, onde ainda estive o prof. Ferreira Dias, apareceu a defesa acalorada de uma central nuclear como opção às alternativas baseadas em combustíveis fósseis. Fiz várias intervenções, apercebi-me que a recém-criada Termoelectrica Portuguesa, formada para concretizar a Central Térmica do Carregado, já tinha contratado uma empresa de *engineering* francesa, chamada Sofrelec, para o projeto global. A Sofrelec era, na verdade, uma fachada da EDF para a promoção da indústria francesa sob a capa de *engineering* independente. Aliás, a solução defendida era a réplica do que se fazia em França, com tecnologia licenciada, sobretudo pelos EUA, e que estava longe de representar a tecnologia mais avançada. Eu defendia as caldeiras de circulação forçada, porque uma central térmica na nossa rede iria ter de participar, crescentemente, nas chamadas variações de carga, com consumo muito alto de electricidade durante o dia, nas horas de ponta, e muito baixa nas horas de vazio, sobretudo durante a noite. Em meu entender, a Portugal interessava ter a tecnologia mais avançada da época, e não desperdiçar recursos e perspectivas de futuro com tecnologias de segunda mão. Acresce que já tínhamos conhecimentos e licenciados para essa tecnologia.

O ter sido escolhida uma empresa francesa, ficou a dever-se sobretudo, penso eu, ao facto desse setor da Termoelectrica Portuguesa ser liderado por um engenheiro que tinha tido formação francesa na hidráulica e estivera na EDF.

Como já referi, os franceses não tinham, na época, praticamente tecnologia própria em centrais térmicas e o programa da EDF respondia às necessidades francesas da reconstrução no pós-guerra. Os fabricantes franceses, entre eles a Stein & Roubaix, eram na sua quase totalidade licenciados americanos. A Stein & Roubaix, por sua vez, tinha licenciado em Portugal a CUF, que fabricara as caldeiras da central térmica da Tapada do Outeiro. Eu conhecia bem todas as tecnologias e as suas origens. Por isso e ainda antes de o concurso ser

aberto, tinha a quase certeza de que as especificações iriam favorecer a indústria francesa. Além da CUF, concorria a Sorefame, licenciada por outra empresa americana e também a Mague. Devido às opções tecnológicas da Sofrelec, a Mague, com o licenciamento da Sulzer tinha acesso a uma tecnologia que, apesar de muito mais avançada, nem sequer iria ser considerada. Em termos estratégicos, a Mague só tinha uma alternativa que era conseguir ser licenciada diretamente por uma empresa de reconhecida capacidade nos Estados Unidos e que não tivesse já, de forma direta ou indireta, licenciadas em Portugal. Das três grandes americanas só a mais pequena, pouco conhecida na Europa e quase desconhecida em Portugal, existia apenas uma, a Foster Wheeler, que estava em forte expansão na América e procurava na Europa uma alternativa às licenças da Sulzer. A Mague, que tinha antevisto as potencialidades industriais e tecnológicas do paradigma emergente de uma termoelectricidade dominante, percebeu rapidamente o contexto em que a decisão sobre o fornecedor iria ser tomada e agarrou a possibilidade de poder ser licenciada pela Foster Wheeler, o que conseguiu em curto espaço de tempo e em condições muito interessantes quanto a transferência de tecnologia. Foi assim capaz de se apresentar a concurso com a maior incorporação da indústria nacional e a melhor garantia de endogeneização da nova tecnologia.

Certamente por isso, e contra todas as expectativas, a Mague ganhou o concurso. De facto, para além de concorrer no preço, era a proposta que incorporava uma real possibilidade de transferência de tecnologia e de *know how*. O meu papel foi sobretudo esse. Pessoalmente, foi para mim um período de extraordinários desafios, porque coincidiu também com a prestação das provas públicas no concurso para professor catedrático no IST, que ganhei.

Para a Mague, vencer este concurso foi um acontecimento, porque embora contrária aos desejos do consultor francês, e não só, a proposta portuguesa para a caldeira era inultrapassável.

Esta proposta teve algumas particularidades e riscos que vale a pena registar.

Por um lado, o prazo para apresentação das propostas era tão curto que não permitia um projeto de raiz, motivo porque duplicar um grupo

francês padronizado seria extremamente vantajoso e agradava aos outros concorrentes. A Foster Wheeler decidiu por isso duplicar a caldeira que tinha instalado recentemente numa central em Tucson, mas que queimava gás natural e não fuelóleo, como era exigido. Esta mudança de combustível replicava, em parte, a grave situação que eu vivera na Suíça com a central italiana que há pouco referi. Na Foster Wheeler desconheciam o problema, pois era muito recente e mantido confidencial. Para que na caldeira do Carregado tais problemas não surgissem, tive uma intervenção direta nas alterações introduzidas no projeto da caldeira, durante os meses que passei nos EUA, nesse verão de 1965.

Numa central termoelectrica, como a do Carregado, os equipamentos fundamentais são a caldeira e a turbina de vapor. A Mague tinha ganho o concurso da caldeira. Para a turbina, a Mague era licenciada da Brown Boveri, também suíça, que mais tarde deu origem a uma empresa muito conhecida, a ABB.

A Brown Boveri tinha recentemente ganho um concurso emblemático, na Califórnia, com inovações tecnológicas que superaram todos os concorrentes, sobretudo pelo seu melhor rendimento termodinâmico numa potência invulgarmente elevada. Foi com esse modelo que a Mague/ Brown Boveri concorreu e novamente ganhou de modo indiscutível.

Basicamente, esta foi a origem da Central do Carregado e da minha participação nela.

Porquê a localização no Carregado?

Como em qualquer central de potência muito elevada há que ter em conta vários condicionantes. Deve estar o mais próxima possível do centro de gravidade dos consumos de electricidade, que neste caso era a região de Lisboa, tendo em conta que a maior parte da produção era hidroelétrica e se situava no norte do país. Além disso, uma central térmica tem grandes exigências de refrigeração, de preferência com água, e nós não temos muitos cursos de água com a capacidade necessária, para além do Tejo e do Douro.

Em Setúbal, com algumas consequências desfavoráveis, foi o Sado. Em Sines recorreu-se à água do mar, que levanta muitos problemas adicionais. Não há, portanto, muitas alternativas. A solução, na altura adotada, era com

arrefecimento direto. Quando há falta de água, a solução pode ser com torres de refrigeração. Torres enormes, hiperbólicas, que evaporam a água e formam aquela nuvem típica que muitos pensam ser fumo, mas não é. O arrefecimento faz-se por evaporação, e por isso a exigência de água é menor, embora o consumo seja muito elevado, comparado com outros usos. Além disso, o investimento é maior e o rendimento energético baixa.

A Central do Carregado ainda foi feita com refrigeração direta da água do Tejo, que por isso aquece, por vezes acima dos 10°C à saída do condensador.

A seguir foi Setúbal por razões semelhantes. Isto passou-se em 1965–66. A seguir ao primeiro grupo veio um segundo grupo, também de 125MW. Os grupos 1 e 2 foram feitos pela Mague. Por razões que seria interessante e revelador aprofundar, os grupos 3 e 4 foram entregues a uma empresa inglesa, para se voltar novamente à Mague, com os grupos 5 e 6, o que é significativo.

Isso foi em que anos?

Não sei precisar exatamente o ano porque, em 1966-67, acabado o primeiro grupo e ganho o concurso para o segundo, onde ainda tive intervenção, saí da Mague. Saí porque percebi que a empresa não estava verdadeiramente interessada em integrar *know how* e desenvolver tecnologia avançada mas sim em negócios de mais curto prazo. Por outro lado, a Termoeletrica Portuguesa, mais tarde nacionalizada na EDP, teve a inacreditável atitude de impor o recrutamento de engenheiros estrangeiros, porventura para diluir o fracasso do *engineering* que escolhera. A Mague cedeu, recrutando um emigrado russo, que vivia na Suíça e trabalhava na Sulzer. As regalias e estatuto com que foi recrutado eram quase ofensivas para os engenheiros portugueses, tendo em conta a sua real competência. Aparentemente, nem com isso satisfaz os desejos do cliente, que decidiu entregar a um grupo inglês a construção dos grupos 3 e 4, cuja concretização foi tão desastrosa que teve de voltar à Mague para os grupos 5 e 6. As consequências foram, porém, muito mais vastas, porque levou ao desmantelamento do núcleo central da equipa que fizera os grupos 1 e 2 iniciais. Era algo que

eu antevia quando saí. Sem a encomenda dos grupos 3 e 4, os jovens engenheiros, que formaram a equipe inicial saíram quase todos e fizeram carreiras profissionais brilhantes, uns no estrangeiro, outros na universidade. Eram antigos alunos meus, no IST.

A minha experiência na Suíça permitiu-me constatar a enorme diferença com a atitude da Foster Wheeler, americana.

Os americanos estavam sempre dispostos a ensinar e a transferir para nós o conhecimento e *know how* que permitiriam à Mague vir a ser completamente autónoma, pois tinha uma equipa de engenheiros, uma qualidade de fabrico e uma capacidade de realização excecionais, que surpreenderam os americanos, sobretudo depois da experiência que tinham tido com os licenciados em Espanha. Estavam por isso dispostos a fazer da Mague um parceiro importante para outros mercados.

Esta experiência na Mague corresponde a um padrão que ainda hoje se repete muitas vezes com os industriais portugueses. Mais do que industriais, são financeiros e negociantes, peritos na captação de incentivos e privilégios em nome do desenvolvimento da economia nacional, mas cujo real objetivo é um retorno rápido e um lucro garantido. Penso que a Mague, inicialmente, não era assim.

A experiência suíça foi para mim esclarecedora. Conscientes da sua dimensão, os suíços retinham ciosamente o *know how* e o conhecimento mais valioso e licenciavam ou subcontratavam o restante. Por isso, eram os licenciados ou os subcontratados que suportavam as oscilações do mercado, que em equipamentos desta dimensão podem ser dramáticas. A metalomecânica nacional aceitava euforicamente esta subalternidade, tirando partido de uma mão de obra barata e de muita qualidade.

Com o Carregado, a Mague teve, então, a oportunidade excepcional de se transformar num grande fabricante nacional e mundial nesta área e não soube ultrapassar o negativismo do cliente nacional, diversificando.

Sintetizando, tínhamos soldadores e mecânicos muito bons, mas o grande ganho não era aí que estava. Estava no projeto, estava na conceção e no controlo do sistema global. Era aí que estava o grande valor acrescentado, porque

dominando essa parte, podia escolher a parte mais nobre e valiosa do fabrico e subcontratar o restante, como faziam os suíços. Caso contrário, apenas poderiam competir com mão de obra barata. A Mague podia adotar esta estratégia e procurei demonstrá-lo com um concurso que surgiu para o fornecimento de uma central em Cabo Verde, que deveria produzir eletricidade e água doce a partir da água do mar, uma central de dessalinização. Um caso típico daquilo que eu achava que se devia fazer. Entusiasmei a Mague a concorrer e participei na conceção do sistema, *design* de *engineering*, dimensionamentos etc. A Mague subcontratava tudo aquilo que não fosse nobre ou que excedia a capacidade conjuntural das oficinas. E foi feito. Os recursos necessários para apresentar a proposta foram mínimos, tendo bastado eu, um técnico superior dos serviços comerciais e pouco mais. Com grande surpresa minha, a Mague fez uma proposta para não ganhar, inflacionando os preços para mais do dobro, mesmo tendo em conta a margem de lucro habitual. E a encomenda foi ganha por uma empresa espanhola com cerca de 10% de diferença em relação à proposta da Mague.

Este, juntamente com outros episódios, sedimentaram a decisão de me dedicar fundamentalmente ao Técnico, na expectativa de se conseguir mudar o panorama profissional da engenharia mecânica a partir da universidade.

O último trabalho que eu fiz para a Mague, foi a negociação de uma licença para a fabricação de permutadores de calor, para a refinaria de Sines.

A refinaria de Sines era uma enorme realização, e um dos licenciadores possíveis era a mesma Foster Wheeler que tinha uma divisão autónoma para a química industrial, na qual se integrava a área das refinarias. Dada a natureza específica dos produtos, a Foster Wheeler, neste caso a filial inglesa, cobrava *royalties* para o fabrico segundo os seus desenhos. Essas *royalties* eram da ordem dos 10%, que eu achava excessivo. Fui por isso a Londres fazer a negociação e as *royalties* passaram para 2%.

O fator decisivo na redução dos 10 para os 2% foi a demonstração que fizemos de que com 10% nós montaríamos a equipe necessária para fazer os projetos autonomamente. Vim mais

tarde a saber que o sucesso se deveu bastante à reputação que já tínhamos na Foster Wheeler americana, sede da empresa.

Recordo bem essa ida Londres pois aproveitei para uma visita ao *Imperial College* da qual resultou um convite muito amável para fazer uma lição de seminário no seu Departamento de Engenharia Mecânica, na minha próxima visita a Londres.

No Técnico, sendo eu já catedrático, os professores não estavam em dedicação exclusiva, davam aulas e tinham os seus empregos. O Técnico era praticamente um deserto. As aulas eram lecionadas com profissionalismo e competência, mas o foco da atividade dos docentes não era o ensino, eram as empresas onde trabalhavam.

Em 1966–67, saí da Mague para me dedicar inteiramente ao Técnico e ver se seria possível mudar o estilo. Para mim, tomar esta decisão não foi nada fácil, tanto mais que, por um *part-time*, tinha um vencimento superior ao de catedrático no IST, para não referir já os prémios anuais. Manter a decisão não foi simples, tanto mais que a Mague, mesmo depois da minha saída, manteve sempre comigo uma relação de grande cordialidade e abertura. Fui, depois, consultor da direção geral de Energia e posteriormente do Laboratório de Física e Engenharia Nuclear, da Junta de Energia Nuclear e da Foster Wheeler americana.

Quando saí da Mague, no início de 1967, o Técnico era uma casa onde havia alguma atividade de investigação na química, e um pouco na eletrónica e medidas elétricas, em geologia e mineralogia e praticamente em mais nada. A química estava muito ligada aos laboratórios de análise para o exterior, sobretudo de águas, que eram um importante gerador de receitas. Todavia, a criação da Comissão de Estudos de Engenharia Nuclear, presidida pelo prof. Herculano de Carvalho, tinha criado condições muito favoráveis ao desenvolvimento da investigação em química e eletrónica, não só financiando equipamento e doutoramentos no estrangeiro, mas também instituindo um sistema particular de bolsas de investigação, restritas aquelas áreas, que eram várias vezes superiores às do Instituto para a Alta Cultura.

Em engenharia civil e em eletricidade de correntes fortes, tal como em mecânica não havia nada. Na engenharia mecânica, por iniciativa do prof. Gouvêa Portela fora criado o Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica com o apoio da Comissão presidida pelo prof. Herculano de Carvalho, com um orçamento simbólico e sem acesso às suas bolsas. Mesmo este apoio desapareceu com a mudança do presidente da comissão. Anos mais tarde eu assumi a sua direção, pouco depois de o Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica, que tinha um único bolsheiro, ter sido integrado no Instituto para Alta Cultura. Este núcleo de estudos teve um papel muito importante apesar do seu minúsculo orçamento e deu origem, após 1974, ao Centro de Termodinâmica Aplicada e de Mecânica dos Fluidos da Universidade Técnica de Lisboa, de que fui o secretário geral durante muitos anos.

Devo acrescentar que o núcleo central que deu origem ao atual Centro de Informática do IST nasceu no Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica.

Na altura em que decidi centrar no IST a minha atividade, não havia apoio, nem ambiente favorável à fixação dos professores ao ensino e à investigação, em particular nas áreas de engenharia, propriamente dita. Os professores que tinham fundado ou dirigiam gabinetes de projeto e consultadoria, em particular na área da engenharia civil e das estruturas, encaravam essa fixação como nociva. Aliás, são bem conhecidas as tensões e animosidades com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, então no seu apogeu.

Em junho de 1967 voltei a Londres e fiz a lição de seminário no Departamento de Engenharia Mecânica do *Imperial College* para que me tinham convidado.

Na sequência desse seminário, foi-me feito o convite para professor no mestrado em *Heat and Mass Transfer*, que se ia iniciar. Penso que um dos motivos foi não só o meu *background* em termodinâmica e matemática, mas também a minha atividade profissional nos EUA.

À direção do IST não agradou nada a ideia de me conceder a dispensa de serviço que me permitiria aceitar o convite do *Imperial College*, sem perder o lugar. Aliás, não havia o precedente de um professor catedrático do IST ser

convidado a lecionar numa universidade estrangeira, como o *Imperial College* da Universidade de Londres. Dirigi-me por isso ao presidente do Instituto de Alta Cultura, prof. António da Silveira, que face aos termos do convite me disse imediatamente que deveria aceitar, porque era invulgar e muito prestigiante para o IST e a universidade portuguesa. Garantiu-me também que o Instituto de Alta Cultura me concederia a equiparação a bolsheiro que me permitiria ausentar do país sem perder o lugar no IST. Passei por isso o ano seguinte em Londres, no *Imperial College*, aonde voltei em 1978/80, como *Senior Research Fellow*.

A minha estada como professor e investigador no *Imperial College* teve enormes implicações, de mais variada natureza. Por um lado, o grupo em que me inseria, liderado pelo prof. D. B. Spalding era pioneiro na aplicação de computadores em mecânica dos fluidos etransmissão de calor e no desenvolvimento de métodos de cálculo para escoamentos turbulentos com e sem combustão.

Juntei-me, assim, ao que era na altura o centro de desenvolvimento mundial daquelas temáticas, e de avanços espetaculares na utilização de computadores em engenharia. Era o tempo do *Concorde*, um período em que havia inúmeros visitantes americanos, alemães, franceses, alunos de doutoramento alemães, indianos, japoneses, muitos dos quais foram mais tarde professores e investigadores, não só nos EUA e Alemanha, mas um pouco por todo o mundo.

Estava em Inglaterra, quando foi o Maio de 68, em França.

Em meados de 1967 também surgiu a solicitação do reitor da Universidade de Luanda para que eu desse apoio à criação dos cursos de engenharia em Angola, cujo arranque, nalguns casos, tinha muitos problemas. Acabei por participar ativamente, em particular na engenharia mecânica, e desloquei-me com frequência a Angola, nos anos seguintes. Esta participação era aliciante pois me facultava meios de trabalho e de investigação de que não dispunha no IST. Todavia, o que foi decisivo, foi a estada no *Imperial College*, porque foi a partir dela que consegui montar uma série de projetos de investigação interessantes, financiados muitos deles

pelo ministério da Defesa americano, não diretamente ligados com a guerra, mas com a tecnologia, em particular com turbinas de gás de que a Rolls Royce era um dos líderes mundiais.

Um desses projetos pioneiros foi a anemometria laser que com os doutorados portugueses consagrou o IST e Lisboa como um dos pólos internacionais do tema, continuando a ser o local dos congressos bienais da especialidade. Nestes projetos tive a preocupação de implantar um sistema que contrariasse o vazio que os nossos doutorados sentiam quando voltavam do estrangeiro. Procurei atenuar a influência francesa na minha área científica e tecnológica, em benefício da anglo-saxónica, que estava muito mais avançada, no que fui bem sucedido, penso eu, face aos resultados obtidos, nomeadamente os que resultaram da fortíssima e frutuosa colaboração que se estabeleceu entre o *Imperial College* e o Instituto Superior Técnico, até aí praticamente inexistente.

Fui também convidado para o *Honorary Advisory Board* do *International Journal of Heat and Mass Transfer*, uma revista muito prestigiada criada uns anos antes, bem como para a fundação do *International Centre of Heat and Mass Transfer*. Tudo isto, que hoje é quase banal, deve ser colocado na perspetiva de uma época em que o Técnico não tinha praticamente ligações e colaborações internacionais na área da engenharia, onde era um desconhecido.

O meu interesse, depois permanente, nas áreas da energia, é consequência de um sentido de dever cívico para quem tem um *background* científico e industrial relevante e se indigna com a subserviência de políticos e industriais a tudo que lhe impingem do estrangeiro.

Um pormenor: quando sai da Mague, em 1966, a Foster Wheeler ficou de tal maneira surpreendida que me contratou como consultor, na área do comportamento dinâmico do equipamento. Na altura discutiam a hipótese de virem a intervir na área do nuclear. A Foster Wheeler fabricava caldeiras e equipamentos para a marinha, nomeadamente marinha de guerra, pelo que era tentador alargarem o seu domínio de atividade à parte nuclear, quanto mais não fosse para a propulsão, associados à General Dynamics.

Esteve envolvido na recente ampliação do Carregado?

Não. Eu estive até ao segundo grupo. A recente transformação foi para turbinas a gás natural e ciclo combinado.

Como começou a Mague?

A Mague começou com as barragens. Os eng^{os} Moniz da Maia e Vaz Guedes, ganharam a barragem de Castelo do Bode e a Mague nasceu da oficina de manutenção do equipamento que fez Castelo do Bode. E a partir daí, com engenheiros mecânicos, criaram um *know how* importante em aparelhos de elevação, pontes rolantes, guias, guindastes, com os quais ganharam reconhecimento mundial. As pontes rolantes nos estaleiros navais de Boston e depois na Lisnave e na Setenave são emblemáticos. Estando na hidroelétrica com as barragens, percebem a mudança de paradigma que se avizinha e com o nível de qualidade que atingiram na conceção e fabricação de equipamento mecânico pesado, sentiram que o mercado da energia, com a termoelectricidade estaria ao seu alcance. E estava.

Como foi a sua vida de estudante? Licenciou-se no curso que na altura se designava de máquinas?

Sim. Máquinas e mecânica correspondem a conceções bastante distintas. O meu diploma é de engenheiro de máquinas. Mecânica é muito mais vasto do que as máquinas. A engenharia mecânica é, sobretudo, física aplicada. Em 1971–72, com a reforma, as engenharias passaram de seis para cinco anos e a regime semestral. No âmbito desta reforma fui o promotor de uma área de ensino e investigação chamada termodinâmica aplicada. Chamou-se assim porque, na altura, o lóbi dominado pelas físicas e afins não permitia chamar-lhe física aplicada. As físicas eram dominadas pelas faculdades de ciências e aos engenheiros não era reconhecido estatuto de cientistas. Aliás, no IST não havia departamentos de matemática, nem de física como hoje os conhecemos e muito menos investigação, salvo a singularidade, na física, em torno do prof. António da Silveira.

A termodinâmica, sendo uma área relevante da física, era considerada um tema menor e utilizada praticamente como receituário. Foi o

prof. Gouvêa Portela, convidado para professor catedrático de engenharia de máquinas, em 1958, que fundou no IST o ensino moderno da engenharia mecânica, com uma fundamentação baseada na física e na matemática.

A minha carreira académica começou como seu assistente quando iniciou a regência da disciplina de termodinâmica. Enquanto disciplina autónoma e só para a engenharia de máquinas, a termodinâmica existia desde a fundação do IST, em 1911. Deve-se ao prof. Gouvêa Portela a introdução em Portugal do ensino desta disciplina numa perspetiva abrangente e formalmente rigorosa. A minha tese de concurso para catedrático, que está publicada, insere-se nesta perspetiva e alarga-a à termodinâmica dos processos irreversíveis como fundamentação da mecânica do *continuum*, onde cabe a mecânica dos fluidos, a transmissão de calor e massa, a mecânica dos sólidos, a reologia, etc.

Nesta perspetiva, passamos a ter engenharia mecânica no sentido moderno e internacional que lhe é atribuído.

O prof. Gouvêa Portela, logo que passei a catedrático entregou-me a regência da termodinâmica, no 3º ano, que acumulava com a de caldeiras e permutadores de calor do 5º ano, na qual iniciei o ensino moderno da transmissão de calor e massa, sendo as caldeiras e os permutadores de calor casos de aplicação. Devo acrescentar que, para o poder fazer, tinha de dedicar algum tempo à teoria e aplicação das equações em derivadas parciais, da física matemática. Com esta conceção do que deveria ser a engenharia mecânica, a reforma foi a grande oportunidade de averter, o mais possível, nos novos *curricula*. Pelas razões que já referi, a forma de ultrapassar os obstáculos à criação de uma área de física aplicada, como própria da engenharia mecânica, foi chamar-lhe termodinâmica aplicada. Tal não diminuiu o âmbito que lhe desejava e permitiu a introdução de temas e matérias de ensino e investigação que o tempo entretanto consagrou. De certo modo, consolidou as fortes raízes que a engenharia mecânica tem na física, a que alguns chamam clássica. É fundamentalmente física macroscópica aplicada, em contraponto à física que hoje atrai a maioria dos físicos, que ou é cosmologia, sobre a evolução do universo, ou são buracos negros, ou são partículas

elementares. Caricaturando, é a física para os prémios Nobel.

A outra física, da qual nasce, entre outras, a teoria do caos, é a física, a que alguns chamam clássica, a qual está no cerne da industrialização e da sociedade atual. A relatividade é extremamente interessante para percebermos o universo. Mas é o universo, não é a vida do dia-a-dia. A meteorologia, a aeronáutica, os reatores nucleares, são basicamente esta física aplicada, em que continua a haver problemas fundamentais não resolvidos há centenas de anos, porque são intrinsecamente não lineares. Este facto dá, à mecânica, a característica peculiar de, nas aplicações, ou ser muito simplificada para ser linear e traduzível em quase receitas, ou não é linearizável e está no outro extremo. Não há meio termo.

Eu sempre me senti atraído pela não linearidade intrínseca, que existe por exemplo na mecânica dos fluidos e origina a turbulência e o caos, e daí o meu interesse pelos computadores, pois só com eles se podem resolver as equações fundamentais que regem muitas das aplicações que interessam aos engenheiros. Talvez por isso tenha sido eu o fundador e primeiro diretor do Centro de Cálculo da Universidade Técnica. Fiz também parte da primeira comissão instaladora da Universidade Nova de Lisboa onde também fui o promotor da primeira licenciatura em engenharia informática do país.

... Lá por 1972, 1973?

Exatamente. Na primeira comissão instaladora da Universidade Nova de Lisboa tive o pelouro da ciência e tecnologia, que veio a ser o pólo da Caparica. Toda a Universidade Nova era para ser na Caparica e, entre outras coisas, estava prevista a integração nela do ISCTE e do Instituto de Ciências Sociais. O projeto inicial foi completamente adulterado pela explosão de conflitos e interesses contraditórios que o 25 de Abril libertou.

Mas voltando à engenharia mecânica, quando eu tirei o curso, tudo quanto se referia a fluidos, etc, era dominado pelos professores de hidráulica e os alunos de máquinas tinham umas noções. Na engenharia mecânica, com a reforma da engenharia, surgiu o maior e mais coe-rente grupo de disciplinas que exigiam o uso

de computadores, bem como disciplinas como a mecânica dos fluidos e a transmissão de calor e massa. Orgulho-me de ter sido um dos ativos defensores e promotores dessa reforma, que trouxe para o país aquilo que eu sabia existir lá fora, nas melhores escolas.

Os doutoramentos feitos no estrangeiro não eram reconhecidos em Portugal. No Técnico, tendo com diretor o prof. Fraúst da Silva, convencemos o ministro Veiga Simão de que se deveriam dar equiparações automáticas a doutoramentos no estrangeiro desde que o fossem em departamentos de universidades ou instituições de investigação relativamente aos quais o CE, sob proposta e responsabilidade de um dos professores catedráticos, garantisse a qualidade.

Só o IST o fez, ficando sujeito às ferozes críticas de outras escolas que nos acusavam de estar a abastardar a dignidade e prestígio dos doutoramentos em Portugal. O número de instituições a que o IST reconheceu a equivalência automática de doutoramentos foi muito restrita, mas o efeito foi surpreendente. De facto, tendo havido um amplo aumento de bolsas de estudo no estrangeiro, os estudantes do IST foram preferencialmente para as instituições em que o doutoramento lhes seria automaticamente reconhecido pelo IST. A seguir ao 25 de Abril de 1974 e à promulgação do estatuto da carreira docente, o IST tinha, como nenhuma outra instituição de ensino em Portugal, o mais elevado número de doutorados nas melhores instituições estrangeiras e em quase todas as áreas.

E Coimbra não beneficiou disso? Lá estavam a arrancar as engenharias?

Quando foi criada a área das engenharias em Coimbra, o reitor, prof. Coteló Neiva e o responsável pela área, prof. Simões Redinha, convidaram-me a ter um papel importante na criação e estruturação da engenharia mecânica. Na altura, com o meu natural envolvimento no IST e o apoio que já dava a Angola, senti que o papel que estava a assumir na engenharia mecânica era excessivo e contrário à minha convicção de que o progresso se faz com a saudável competição entre instituições dinâmicas e sem condicionantes pensamentos únicos. Recusei por isso o convite, mas não a colaboração possível no estabelecimento de relações com universidades e

instituições estrangeiras, participação em júris, etc. As minhas relações foram sempre excelentes e a engenharia mecânica em Coimbra criou uma personalidade própria e uma posição de relevo que a singulariza nalgumas especialidades.

O Professor em que ano é que se licenciou?

Em 1959. Fiz 50 anos de licenciatura no ano passado.

No seu tempo de estudante, apanhou o decreto 40900?

Fui dirigente associativo e fui um militante do 40900 com o eng^o João Cravinho. Foi ele que me levou para a AE, no meu 3^o ou 4^o ano. Fui o diretor da secção de folhas. Era a secção que financiava muitas das atividades do movimento estudantil. Esta secção era emblemática do espírito que animava os professores e alunos do Técnico. Os professores davam todos os elementos de estudo à associação e isso era uma fonte extraordinária de financiamento. A maioria dos folhetos de contestação das outras escolas eram feitos na secção de folhas.

Particpei no 40900, depois, fui tesoureiro na direção do eng^o Veiga da Cunha, que foi ministro da Educação, no tempo da eng^a Pintasilgo. Fui também, diretor da *Técnica*, muito prestigiada na altura e para a qual escreviam destacados professores do Técnico como Mira Fernandes ou Ferreira Dias. Tive grande participação no movimento estudantil, mas nunca fui filiado de partido ou organização política. A AE foi uma extraordinária escola de formação cívica e profissional, onde conviviam e discutiam, muitas vezes acaloradamente, tanto o PCP como a JUC, entre outros.

O professor apanha o MUD?

O MUD é anterior à minha entrada no IST. Do meu tempo foram as eleições a que concorreu o general Humberto Delgado, nas quais participei com inúmeros outros colegas. As consequências dessa eleição foram enormes e muito profundas em todo o movimento estudantil, porque destruiu muitas das suas convicções e referências. Foi um período intelectual e moralmente dilacerante.

No seu plano de estudos, como estudante, havia trabalhos de oficinas? Que lembrança guarda das oficinas?

Tinham um aspeto formativo importante. No meu tempo, em mecânica havia três cadeiras de oficinas. Acho que era um exagero. Mas haver uma disciplina de oficinas, era importante, pelo uso das mãos e a aprendizagem tem que passar por aí. Tenho boa recordação das oficinas e acho que tinham um papel pedagógico importante.

... de serralharia, de carpintaria ...

Exatamente. Depois foram perdendo qualidade. Devo dizer que, em Angola, quando participei no lançamento das engenharias, a primeira das minhas iniciativas, na mecânica, foi criar as oficinas. Sempre pensei que é antipedagógico comprar aparelhagem muito sofisticada que depois não é utilizada com o receio de a estragar. A aprendizagem da investigação, do rigor e da importância dos pormenores, fazem-se com coisas simples, não com coisas muito complexas. Quando é muito sofisticado, o aluno nem chega a aperceber-se da complexidade e não tem a vontade para assimilar as incertezas associadas ao que vê e mede.

Uma das coisas que eu tive que combater inicialmente no Técnico, foi o medo de estragar. Era a ideia de que o equipamento era tão caro, que o aluno tinha medo de estragar e por isso não só se limitava a ser espetador como era estimulado a sê-lo. Felizmente evoluiu-se muito.

Porque acabaram? O que mudou na conceção do engenheiro que levou ao seu fim?

Penso que foi a tentação permanente de meter sempre mais matérias no *curriculum*, o que revela alguma imaturidade. Não foi um combate à oficina. Resultou de querer ocupar-se o espaço letivo e o espaço físico que as oficinas detinham. Depois do 25 de Abril a ideia era fixar investigadores. A partir do momento em que há melhores condições para a fixação, com a dedicação exclusiva e com meios para fixar investigação, de repente há um grande crescimento e falta espaço. Por outro lado, os recém-chegados doutorados quiseram criar as suas áreas de ensino e investigação. Faltando uma visão estratégica, tudo era igualmente importante e a forma mais simples foi acomodar tudo, o mais possível,

ocupando espaço no *curricula* e no espaço físico. O chamado pavilhão da pós-graduação era o anterior das oficinas. Quando se acabou o espaço físico fizeram-se as torres e depois o Tagus Park. A abundância dos dinheiros europeus e a pressa em os gastar nem sempre levaram às melhores soluções.

O professor tem ideia quando acabam? Foi com a alteração do plano de estudos?

Foi com a alteração do plano de estudos e sobretudo depois de 1974. Foi-se perdendo, tal como o estágio que era obrigatório.

E também os tirocínios? Por que tantos alunos não os faziam? O professor onde o fez?

Para mim o tirocínio foi muito importante. Fiz o primeiro nas Fundições do Rossio de Abrantes, em 1957, no ano em que foi lançado o *Sputnik*. Fiz o segundo estágio na Cometa, e o terceiro, na altura de dois ou três meses, na Fábrica Militar de Braço de Prata.

Mais tarde, fui para o Instituto Nacional de Investigação Industrial, foi aí que eu comeci. Com um aumento substancial do número de alunos, passou a ser difícil encontrar estágios com a qualidade adequada. O aumento do número de alunos que queriam fazer estágio excedia as capacidades disponíveis numa forma organizada.

Que nos pode dizer sobre a negociação do computador IBM 360/44? Os alunos começaram a ele aceder em 1971?

Sim, em 1971, no ano em que entrou em vigor a reforma do ensino da engenharia.

Quando acontece a aquisição formal do computador?

A instalação concluiu-se para estar disponível logo no início da reforma. Mas há uma série de antecedentes. Primeiro foi aberto um concurso que foi anulado e depois abriu-se um segundo. É na reitoria da Universidade Técnica que se encontram os elementos referentes ao concurso. Participei ativamente na abertura do segundo concurso, desde a especificação à adjudicação final. Todo o processo é rico em episódios, alguns caricatos, nomeadamente quanto a doutos pareceres de supostos especialistas. Na altura havia

um centro de cálculo na Universidade do Porto, ligado à astronomia, havia um centro de cálculo no LNEC e a Fundação Gulbenkian tinha ampliado o seu centro de cálculo com um novo computador. O IST rompeu com a conexão que neles prevalecia, o que levantou muitos problemas. O ambiente no IST também não era favorável porque o CE era muito reticente quanto à criação de um centro de cálculo e o diretor entendia não se justificar o investimento dada a falta de muito outro equipamento. Percebem-se muitas das reticências, ou oposições, tendo em conta que a maioria dos professores estava nas empresas e um centro de cálculo importante pressupunha dedicação quase exclusiva e alteração em muitos hábitos de trabalho e ensino. A oportunidade surgiu com o Plano de Fomento, sendo ministro da Educação o prof. Galvão Telles.

Embora tivesse sido o IST a conduzir todo o processo, fui apologista da existência de um centro comum para toda a universidade e assim nasceu o Centro de Cálculo da Universidade Técnica de Lisboa, de que fui o primeiro diretor.

Voltando ainda à Central Térmica do Carregado, qual foi a empresa de engenharia civil que a fez?

A engenharia civil tem grande peso nos aproveitamentos hidroelétricos, mas não nas centrais térmicas. Numa central térmica a componente preponderante é a mecânica. A Mague, que era do eng^o Moniz da Maia e do eng^o Vaz Guedes tinha nascido da empresa de construção civil que era dos mesmos sócios e continuava muito importante. Foi por isso essa empresa, tanto quanto me recorde, que se ocupou dos aspetos de engenharia civil ligados à central do Carregado.

E a sua intervenção no nuclear?

Em 1975, num congresso da Ordem dos Engenheiros, realizado no Porto, apercebi-me subitamente do quão avançada estava a ideia de uma central nuclear em Portugal. Embora não tivesse já atividade na indústria, tinha continuado a acompanhar o que se passava lá fora no âmbito da energia na sequência do primeiro choque petrolífero. No congresso fiz, por isso, uma série de intervenções incisivas, baseadas no

meu conhecimento da área. De facto, para além de ter estudado a fundo o problema, eu tinha sido consultor nessa área da Foster Wheeler e posteriormente na nossa Junta de Energia Nuclear. Colocando uma central nuclear no contexto concreto do nosso país e da sua dimensão, a opção nuclear não fazia sentido, nem económico, nem tecnológico.

Quem eram nessa altura os defensores do nuclear?

O eng^o Walter Rosa, que era ministro e liderara a equipa que encomendara a Central do Carregado e encarava a térmica clássica como uma solução transitória e conjuntural. A cultura de produção de eletricidade, na altura, era a da hidroelétrica, não era da térmica e isso refletia-se no planeamento do setor. Os pontos de contacto da hidroelétrica com a termoeétrica não são muitos. A térmica trabalha com altas temperaturas e aço, a hidroelétrica trabalha com betão e temperatura ambiente. Os problemas dos materiais e de fabricação são diferentes.

Com a grande promoção do nuclear, criou-se em Portugal uma empresa chamada Companhia Portuguesa de Indústria Nuclear (CPIN), onde trabalhou muita gente conhecida. A sua finalidade e vocação inicial era vir a fazer a primeira central, isto nos anos 50, anterior ao Carregado. Não só a Junta de Energia Nuclear, mas também a CPIN enviaram engenheiros para especialização em França e Inglaterra, sobretudo jovens engenheiros e físicos para mestrados e doutoramentos. Vivia-se a euforia criada pela iniciativa dos Átomos Para a Paz, lançada pelos EUA. Eu próprio trabalhei num grupo de trabalho do Grémio dos Industriais de Eletricidade sobre a oportunidade de ter uma central nuclear. Mas já na altura do Carregado havia um constrangimento de natureza técnica muito importante para uma rede elétrica com a dimensão da nossa e que resulta de não ser aceitável ter uma unidade geradora que represente mais de 10 a 20% da potência instalada na rede, porque se se verificar uma avaria, caí tudo em cascata. Na altura do Carregado, todos os grupos comercialmente disponíveis andavam na ordem dos 250MW, o que era demais. O Carregado foi de 125MW. A perspectiva do nuclear estava ligada ao de um crescimento muito rápido do

consumo, expectativa que os entusiastas defensores da opção nuclear expressavam no modo como se planeava o sistema eletroprodutor.

Em 1960, não havia base para o nuclear, mas em 1970–75, haveria de certeza, afirmavam, pelo que se deveria começar já. Quando se chegou a 1970, o mínimo competitivo já não eram os 250MW, mas sim os 500, fruto da evolução da tecnologia nuclear e dos encargos com a segurança para o tornar economicamente viável. Hoje estamos na ordem dos 1500MW. Em 1965, 250MW era demais para a rede, em 2010 as unidades comerciais são de 1500MW, que também são demais para a rede. Instalar centrais nucleares em Portugal continua a não fazer sentido.

Não tenho nada contra a eletricidade de origem nuclear. Mas, no nosso país não tem qualquer justificação de natureza técnico-económica.

Do ponto de visto do interesse privado fazer uma central nuclear teria grande interesse porque seria um grande investimento com rentabilidade garantida pelo Estado à custa dos contribuintes / consumidores. Os próprios riscos de acidente, a partir de certo montante, são suportados pelo Estado, em todos os países. A necessidade que haveria de montar um sistema de proteção nuclear, forças de segurança próprias, garantias, tudo isso são encargos que os proponentes remetem sempre para o Estado, ou seja, para todos nós. Os grandes entusiastas do nuclear são os países que têm ou desejam ter armas nucleares.

A França seria o que é hoje, se não se tivesse envolvido com o nuclear?

Acho que a França seria hoje mais rica se não se tivesse envolvido da forma como se envolveu com o nuclear, por razões que têm sobretudo que ver com a pretensão de continuar a ser a grande potencia que já foi. Aliás, em França, o nuclear civil e o militar são inseparáveis utilizando toda a espécie de artifícios para iludir os acordos internacionais a esse respeito. É também significativo referir que a França abandonou toda a tecnologia própria a favor de uma endogeneização da tecnologia americana, um pouco como já tinha feito com a térmica clássica.

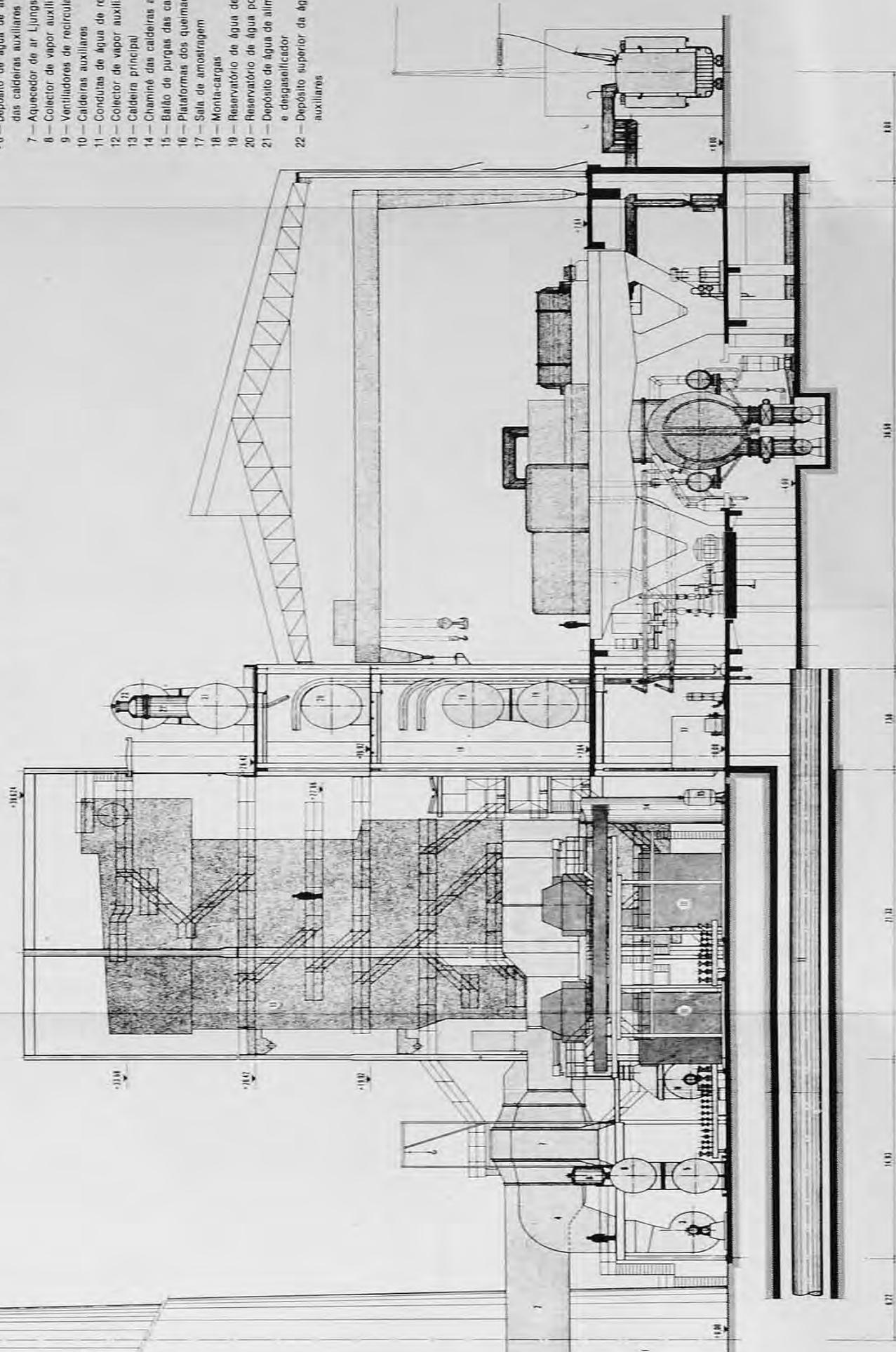
Entre nós é popular a ideia que a França tem o problema da energia resolvido com o nuclear, mas a verdade é que tem uma dependência do petróleo quase igual à nossa. Hoje já ninguém usa petróleo para produzir eletricidade. O combustível mais importante continua a ser o carvão e cada vez mais o gás natural. O grande consumidor de petróleo e seus derivados, é o transporte.

A energia nuclear apenas serve para a produção de eletricidade, a qual não representa sequer 25% dos consumos finais, mesmo em França. Por outro lado, o problema da energia é global e tem de ser visto de forma integrada. Só neste contexto faz sentido discutir a energia nuclear como uma das formas possíveis da produção de eletricidade. Como engenheiro mecânico, a minha visão da energia não se reduz à eletricidade, mas sim à totalidade da energia, ou seja, preocupam-me os 100% da energia final e não apenas os 25% que são a eletricidade.

SALA DAS MÁQUINAS E GRUPO GERADOR DE VAPOR

CORTE TRANSVERSAL

- 1 — Chiminé principal
- 2 — Conduto de fumos
- 3 — Ventiladores de insuflação
- 4 — Conduto de ar
- 5 — Depósito de combustível das caldeiras auxiliares
- 6 — Depósito de água de alimentação e desgasificador das caldeiras auxiliares
- 7 — Aquecedor de ar Ljungström
- 8 — Colector de vapor auxiliar BP
- 9 — Ventiladores de recirculação
- 10 — Caldeiras auxiliares
- 11 — Conduto de água de refrigeração
- 12 — Colector de vapor auxiliar AP
- 13 — Caldeira principal
- 14 — Chiminé das caldeiras auxiliares
- 15 — Balão de purgas das caldeiras auxiliares
- 16 — Plataformas dos queimadores
- 17 — Sala de amostragem
- 18 — Monte-cargas
- 19 — Reservatório de água desmineralizada
- 20 — Reservatório de água potável
- 21 — Depósito de água de alimentação da caldeira principal e desgasificador
- 22 — Depósito superior da água de refrigeração das auxiliares



*Uma vista da cidade a partir do terraço da Torre Norte (ex-Eletricidade).
Foto: Tatiana Soares*

