



Prof. Borges da Silva  
(1934 -2021)

Nesta edição do FN, recordo o Professor Borges da Silva. Não o vou fazer citando dados biográficos e factos importantes da sua vasta carreira como um académico incontornável da história do IST. Há com certeza muitos colegas que o fariam com mais rigor e com mais propriedade. Farei sobretudo uma revisitação da forma como os nossos percursos se foram cruzando ao longo de mais de 4 décadas. A ordem cronológica dos factos perde um pouco a importância e não será regra neste relato.

Conhecemo-nos em outubro de 1979, quando, após eu ter ganho a vaga de um concurso para assistente da Secção de Eletrotécnica Teórica e Medidas Elétricas (SETME), me recebeu para dar as boas-vindas. Havia um formalismo no ar que me amedrontou inicialmente, mas que quase logo se dissipou. A conversa tida, de forma produtiva e correta, tinha como objetivo conhecer o novo membro de parte da sua “família”, apercebi-me mais tarde. Não, aquilo não era seguramente um processo meramente burocrático. “Pois, o Fernandes fez muito mal”, foi a afirmação proferida ao ter-lhe dito que, após ter tido aulas com uma leitora de alemão na Universidade de Luanda durante os meus dois últimos anos como estudante, tinha abandonado o estudo desta língua.

A SETME tinha nessa altura um grande número de docentes, muitos deles com dedicação exclusiva e que, por essa razão, teriam de obter o grau de doutor, de acordo com o Estatuto da Carreira Docente Universitária (ECDU) em vigor a partir de outubro de 1979. Havia nessa altura três áreas fundamentais de docência na SETME, todas sob a responsabilidade do

## Um homem para todas as épocas

### *A man for all seasons*

*In this edition of FN, I remember Professor Borges da Silva. I will not do so by citing biographical data and important facts of his vast career as an outstanding academic in IST's history. There are certainly many colleagues who would do that more rigorously. It will be a revisitation of the way our paths crossed over more than four decades ago. The chronological order of the facts be unimportance and will not be the rule in this text.*

*We met in October 1979, when, after winning a vacancy in a competitive examination for assistant in the Section of Theoretical Electrotechnics and Electrical Measurements (SETME, in Portuguese), I was welcomed by him in his office. There was a formalism in the air that frightened me at first, but which dissipated suddenly. The conversation which run productively and correctly, had the purpose of him knowing the new member of part of his "family". No, this was certainly not a merely bureaucratic process. "Yes, Fernandes that was the bad option," was the statement he made when I told him that, after having taken classes with a German teacher at the University of Luanda during my last two years as a student, I had abandoned the study of this language.*



Professor Borges da Silva. Em 1982, duas delas continuaram sob a responsabilidade do Professor Borges da Silva. A outra, ligada à Eletrónica, passou a ter como responsável o Professor Humberto Santos. Foi nesta que me inseri. Em sentido figurado, diria que a minha história comum com o Prof. Borges da Silva seria não um Itinerário Principal mas mais um Itinerário Complementar.

O meu primeiro contacto com as “artes letivas” do Professor Borges da Silva surge apenas no final dos anos 80 / princípio dos anos 90 durante as ações de formação realizadas para os docentes mais novos da SETME. Para além do facto em si, muito vanguardista para a época, o que me fascinou desde logo foi o modo esmerado das suas análises do mundo físico, utilizando com um rigor fora do vulgar a matemática como linguagem. E foi assim que este grande pedagogo começou a contribuir de forma indubitável para alicerçar de forma mais sólida os meus conhecimentos em eletromagnetismo e em tornar menos herméticas áreas como a Álgebra de Clifford ou o formalismo matemático usado na Mecânica Quântica.

Mas, como me diria mais tarde de diversas formas e em contextos muito distintos, “A arte está em saber tornar claro aquilo que é de facto complexo. O que não é fácil de fazer, num universo de ouvintes usuais, que não estão preparados para assimilar com facilidade. Tornar fácil o que é complexo é outra coisa que não arte. É malabarismo!”



Museu Faraday

1894 - Permeâmetro Magnético de Koepsel /  
Koepsel Magnetic Permeameter.

[See Performance Test made by NIST \(1914\)](#)

*At that time SETME had a large number of teachers that would have to obtain a doctoral degree, in accordance with the University Teaching Career statutes. In the beginning, there were three fundamental teaching areas at SETME, all under the responsibility of Professor Borges da Silva. In 1982, two of them remained under the responsibility of Professor Borges da Silva. The other one, connected to Electronics, became under Professor Humberto Santos' responsibility. I was included in the latter. Metaphorically, I would say that our common history would not be a Primary Distribution Road (PDR) but rather a District Distribution Road (DDR)*

*My first contact with the "teaching arts" of Professor Borges da Silva appears only in the late 80s during sessions specially held for the younger teachers of SETME. Besides the fact itself, very avant-garde for its time, what really fascinated me was the straightforward way he analyzed the physical world, using, with unusual rigor, mathematics as a language. And this was how this great pedagogue started to contribute to a more robust knowledge in electromagnetism and to make areas such as Clifford's Algebra or the mathematical formalism used in Quantum Mechanics less hermetic.*

*But, as he would later say in various ways and in very different contexts, "The art lies in knowing how to make clear what is in fact complex. Which is not easy to do, in a universe of usual listeners, who are not prepared to assimilate easily. To make easy what is complex is something other than art. It's juggling!"*

*And speaking of art, it comes to my mind that from 2015 on, already in the final stretch of my academic career, I started to be connected to a wider world, which would culminate in 2017 with the official opening of the Faraday Museum. Art, more than a fascinating area, became part of my mandatory subjects. Professor Borges da Silva was retired at the time. Our contacts were made more by e-mail. On the 23rd of December 2017, following the sending of photos of Henrique Nogueira's works, collaborator since the beginning of*

E por falar em arte, vem-me à lembrança que a partir de 2015, já na reta final da minha carreira académica, passei a estar ligado a um mundo mais vasto, que culminaria em 2017 com a abertura oficial do Museu Faraday. A arte, mais do que uma área fascinante, passou a fazer parte dos meus assuntos obrigatórios. O Professor Borges da Silva encontrava-se reformado nessa altura. Os nossos contactos faziam-se mais por correio eletrónico. E foi assim que a 23/12/2017, no seguimento do envio de fotos de trabalhos de Henrique Nogueira, colaborador desde a 1ª hora do FN e do MF, me surpreendi (afinal de contas porquê?) com a resposta “Temos artista!”

Uns anos antes, a 28/9/2014, em resposta a uma mensagem que lhe enviei por correio eletrónico com uma fotografia tirada em França de uma estátua de La Fontaine, manifestou-se deste modo

“... Muito agradecido também pela foto da estátua de La Fontaine, cuja fábula tem agora mais um personagem: “ o Carlos” e a raposa parece dizer-lhe: J’admire ton audace. Arrache lui le fromage je t’en prie! Et bien sûr, n’oublie pas de me donner au moins la moitié”

O que transparece da resposta é a sua ligação à cultura. É conhecida entre os mais chegados a importância que determinadas línguas tiveram para si. O alemão, já anteriormente citado, para acesso mais imediato às fontes. O latim, porque reconhecer as origens era para si meio caminho andado para entender a identidade. E francês, porque sim. Questão de bom gosto e de um certo requinte. A arte está provavelmente na forma de nos surpreender a cada momento. Afinal, há muitos anos que me apercebera que a personalidade do Professor Borges da Silva não estava de todo formatada.

Ter sido o primeiro doutorado que foi orientado pelo seu primeiro doutorado afastou-me um pouco, por um lado, das suas lições de saber, por outro, fez-me ganhar o estatuto de ser o primeiro “neto” da árvore genealógica da família dos seus sucessores. Os avós

*FN and MF, I was surprised (and why, after all?) with his response "We have an artist!"*



*Faradaynews 1- cover by Henrique Nogueira / capa por Henrique Nogueira*

*A few years earlier, on the 28th September 2014, following a message I emailed him with a picture taken in France of a statue of La Fontaine, he answered this way*

*"Thanks for the photo of La Fontaine's statue, whose fable now has one more character: "Carlos" and the fox seems to tell him:*

*« J’admire ton audace. Arrache lui le fromage je t’en prie! Et bien sûr, n’oublie pas de me donner au moins la moitié”*

*What comes through in the answer is his connection to culture. It is well known among those close to him how important certain languages were to him. German, already mentioned before, for a more immediate access to sources. Latin, because, as he always referred, recognizing the origins was halfway to understanding its identity. And French, because ... yes. A matter of good taste and a certain refinement. Art is probably the way he surprised us at every moment. After all, I had realized many years ago that the Professor's personality was not at all formatted.*

são sempre mais permissíveis na educação, baixando um pouco as guardas e permitindo uns certos avanços do lado dos “netos”. Estou em crer que esse estatuto e “distanciamento” permitiram cruzar os nossos percursos de forma invulgar. Itinerário Principal ou Complementar?

Fui algumas vezes a casa do Professor. O pretexto era de somenos importância. Ambos sabíamos que ele procurava uma ponte com aquela que foi a sua casa desde sempre e que eu procurava momentos de puro fascínio com conversa sobre o que nos passasse pela cabeça. O desenrolar do encontro seria seguramente um não problema. Nessas ocasiões o MF teve um lugar especial. Mostrar de forma interativa grande parte do património da escola fazia parte da sua alma. Ao contar-lhe a forma como foram encontrados pelo Moisés e por mim os contadores de energia fechados nas maravilhosas bancadas do Laboratório de Medidas Elétricas, o seu comentário foi curto, mas com um sorriso maroto nos olhos: “Porque não me perguntaram?”.

O ambiente descontraído, fazia com que o “neto” se excedesse. E aí voltava o Professor que eu conhecera na SETME. Não me esqueço da exclamação exaltada “Por amor de Deus, meu caro Ferreira Fernandes!” quando



Museu Faraday

Bússola ou Variómetro de Indutância ? /  
*Compass or Variometer Coil?*

*I was the first Ph.D. who was supervised by his first Ph.D supervisee. On one hand, this fact distanced me a little from his lessons on knowledge; on the other hand, it gave me the status of being the first "grandchild" in the family tree of his successors. Grandparents are known as more permissible on education, letting their guard down a bit and allowing a certain free rein on the grandchildren's side. I believe that this status and "distance" led to an unusual way of crossing our paths. PDR or DDR?*

*I went to the professor's house a few times. The pretext for these visits were, in fact, a non-problem. We both knew that he was looking for a bridge with the place where he spent the most of his life, and that I was looking for moments of pure fascination to talk about whatever was on our minds. The unfolding of the encounter would surely be fluid. MF was a special theme during those visits. Showing interactively the school's heritage was something that had always touched him deeply. When I told him how Moises and I had found the energy meters locked in the wonderful benches of the Electrical Measurements Laboratory, his comment was short, but with a sly smile in his eyes: "Why didn't you ask me?".*

*The relaxed atmosphere made the "grandson" go sometimes overboard. And then the professor I had met at SETME would appear. I don't forget his exalted exclamation "For God's sake, my dear Ferreira Fernandes!", when I told him that in one of the museum's visitor's routes we had placed that "kind of compass", referring to one of our treasures, a beautiful galvanometer. Once the "disagreement" was overcome, a conversation about different types of galvanometers followed.*

*On my visits, I was always looking for something that was related to his story or that fell within the field of his interests. Invariably I would bring him a book. But never a scientific gem that he mastered at all. Pure strategy of my side. One should always keep some trump cards in one's hand." Fernandes is always caring for my culture".*

Ihe contei que num dos percursos para os visitantes do museu tínhamos colocado aquela “espécie de bússola”, ao referir-me a um belo galvanómetro, uma das preciosidades do acervo do MF. Sanada a “desavença”, seguiu-se uma conversa sobre diversos tipos de galvanómetros.

Nas minhas visitas, procurava sempre algo que estivesse relacionado com a sua história ou que se inserisse no campo dos seus interesses. Invariavelmente levava-lhe um livro. Mas nunca uma preciosidade das áreas científicas que ele dominasse de todo. Estratégia minha. Devemos manter sempre alguns trunfos na mão.” O que vale é que o Fernandes está sempre a zelar pela minha cultura”. Mais uma vez com o ar mais inocente do mundo. O que quisera ele dizer com aquilo? A vantagem de não me ter esclarecido, é que posso escolher a resposta que quiser.

Numa das visitas, levei uma cópia da caricatura feita pelos alunos finalistas do curso de Engenharia Eletrotécnica no IST de há vários anos atrás. Interessantes as palavras usadas pelos editores do livro para descrever o Professor Borges da Silva. Sabedoria. Calma. Razão. Método. Na caricatura feita achei muito curiosas as frases que foram utilizadas para alguns adereços: “Injeções de Sapiência”; “Enciclopédia Alemã”. Disse-lhe que o documento original, fonte da caricatura, estava guardado no MF. Ficou muito satisfeito. Disse-lhe então que, conhecendo-o eu há tanto tempo, não tinha uma cópia da sua prova de doutoramento. Registou. Passado alguns minutos, deixou-me na sala, foi ao seu escritório e trouxe não uma mas duas teses. “Pode levar este exemplar para o Professor Moisés? Discrição, atenção e educação, tudo de uma vez.

“O senhor das letras góticas” é talvez a designação que ouço mais frequentemente associada ao Professor Borges da Silva. O uso de letras góticas foi a forma que o Professor escolheu (não foi invenção sua) para que os vetores fossem descritos sem margem para dúvidas e que era usada na altura em que o ensino presencial re-

*Again with the most innocent air in the world. What did he mean by that? The advantage of not having been clarified is that I can choose the answer I want.*

*On one of the visits, I took along a copy of the caricature made several years ago by the final year students of the Electrotechnical Engineering course at IST. Curious words were used by the editors of the book to describe Professor Borges da Silva: Wisdom; Calmness; Reason; Method. Some expressions could be read in the caricature drawing: "Injections of Sapience"; "German Encyclopaedia". I told him that the original document, where the caricature was included, was kept in FM. He was very pleased. I then told him that, knowing him for so long, I didn't have a copy of his doctoral thesis. He took note. After a few minutes, he left me in the room, went to his home office and brought not one... but two thesis. "Fernandes would you please give this copy to Professor Moisés?" Discretion, attention and education all at once.*



*Prof. Borges da Silva  
Caricaturated by students /  
Caricaturado pelos alunos*

corria aos quadros negros e ao uso de giz, ou quando os apontamentos eram manuscritos. Mais tarde, com acesso a outras ferramentas foi possível usar outras formas rigorosas de o fazer.

3.4) Equações de Maxwell em notação simbólica -  
 A= equações de Maxwell em valores instantâneos são

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}, \quad \text{div } \mathbf{E} = 0 \\ \text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}, \quad \text{div } \mathbf{D} = \rho \end{array} \right. \quad (13)$$

Equações de Maxwell escritas com letras góticas /  
*Maxwell equations written using gothic letters*

Os apontamentos mais recentes do Professor para as mesmas disciplinas deixaram de usar as letras do alfabeto gótico alemão. Não foi um erro, nem um capricho, nem, mais uma vez, foi uma invenção sua. Continuou igual a ele próprio: o saber usar as ferramentas disponíveis na altura para partilhar conhecimento de forma clara e inequívoca.

Estava eu no final da minha dispensa de serviço docente e necessitei de utilizar o computador Tektronix que estava no gabinete do Professor Borges da Silva. Que todos designávamos por Sala da Ciência. Com a sua autorização, ficava a trabalhar até muito tarde na Sala da Ciência, tendo feito milhares de simulações de Monte Carlo, cujos resultados fizeram mais tarde parte da minha dissertação de doutoramento. Houve uma noite em que resolvi deixar a máquina ligada, tendo em mente o cuidado de chegar mais cedo no dia seguinte para a desligar antes da chegada do Professor. Acontece, que nesse dia o Professor chegou mais cedo do que habitualmente. Quando eu estava a desligar o computador com ele já no seu gabinete, apenas disse “Fernandes, quando estiver a retirar resultados sem a sua presença, evite a possibilidade de perder os resultados todos. Faça uma gravação de tudo de hora a hora, por exemplo”. Duas lições de uma só vez. E eficazes.

*The lord of Gothic letters is perhaps the name I most frequently hear associated with Professor Borges da Silva. The use of Gothic letters was the form that Professor chose (it was not his invention) so that the vectors could be described with no room for doubt and that was used at the time when face-to-face teaching resorted to blackboards and the use of chalk, or when the notes were handwritten. Later, it was possible to use other rigorous ways of doing this. The Professor's more recent theoretical notes on the same subjects no longer use the German Gothic alphabet. This was not a mistake, nor a whim, nor, again, his invention. He remained the same as always: knowing how to use the tools available at the time to share knowledge clearly and unambiguously.*

*When I was at the end of my teaching leave I needed to use the Tektronix computer that was in Professor Borges da Silva's office, which we all called the Science Room. With his permission I began working in the Science Room, having done thousands of Monte Carlo simulations, whose results were later part of my PhD dissertation. One night I decided to leave the machine on, having in mind to arrive early the next day to turn it off before Professor's arrival. On the day after, Professor Borges da Silva arrived earlier than usual. When I was turning off the computer with him already in his office, he just said "Fernandes, avoid the possibility of losing all the results, making periodically a recording of everything". Two effective lessons in one go.*

*At my Agregation exam in 2004, I was particularly anxious and uneasy about having him as examiner in the panel. Despite having known him for more than two decades, I had never had him as an examiner. In the last proof of my academic life I finally had him.*

*He was known for not favoring the "family". On the contrary. At the end of the proof, which went on calmly, it came the question: "Fernandes, looking at the recommended bibliography for the curricular unit you are proposing, I am left with a doubt: do you really think the students will read this set of publications?"*

Nas minhas provas de agregação, em 2004, eu estava particularmente ansioso e inquieto por tê-lo como arguente numa das etapas das provas: a apresentação de uma unidade curricular. Apesar de o conhecer há mais de duas décadas, eu nunca o tinha tido como arguente de provas académicas. Na última prova da minha vida académica eis que o encontro. E ele era conhecido por não favorecer os elementos da “família”. E no final desta etapa, que se foi desenrolando sem perturbações, veio a questão: “Fernandes, olhando para a bibliografia aconselhada para a UC que propõe, fiquei com uma dúvida: acha mesmo que os alunos vão ler este conjunto de publicações?”.

Não fiz parte do conjunto de docentes orientados pelo Professor Borges da Silva. Conjunto que não é constituído por um número que esmague. Mas faço parte de um conjunto de docentes mais lato que foram marcados pelo Professor Borges da Silva. Ao longo de várias gerações. Daquele conjunto que absorveu a importância de partilhar com rigor. Absorveu e mostrou-o fazendo. A excelência do Professor Borges da Silva reside fundamentalmente em ter mostrado na prática há mais de 50 anos aquilo que acreditava ser a partilha do conhecimento no seio de uma escola. A capacidade de combinar conhecimentos teóricos com competências práticas.

A análise de um currículo em termos meramente quantitativos pode até nem ter muito sentido. Mas aquilo que inspira nos seus “descendentes” é, na minha perspectiva, muito mais importante para definir a vida de uma pessoa diferente. E o Professor Borges da Silva é uma pessoa singular e incontornável no universo do IST.

Itinerário Principal ou Itinerário Complementar? Não interessa, o verdadeiramente importante para mim é que houve percursos desta estrada em que viajámos juntos.

Ao recordar o Professor Borges da Silva nesta edição do FN, vem-me à memória uma parte de um texto de Tolentino Mendonça, “ Abraço que nunca chegou a acontecer mas a que voltamos interiormente vezes sem conta”.

*I was not part of the set of teachers supervised by Professor Borges da Silva. A set that is not made up of an overwhelming number. But I am part of a wider group of teachers who were marked by Professor Borges da Silva over several generations. The set that absorbed the importance of sharing with rigor and showed it by doing it. Professor Borges da Silva's excellence lies fundamentally in having shown in practice, more than 50 years ago, what he believed to be the sharing of knowledge within a school. The ability to blend theoretical knowledge with practical skills.*

*Analyzing a CV in purely quantitative terms may not even make much sense. In my perspective, the most important in the definition of a singular character is what she/he inspires in her/his "offspring". I have no doubt, that Professor Borges da Silva is a unique and unavoidable person in the IST universe.*

*PDR or DDR? What really matters to me is that there were routes on this road where we traveled together.*

*While remembering Professor Borges da Silva in this FN issue a text by Tolentino Mendonça comes to my mind, "An embrace that never happened but to which we return inwardly over and over again".*



*Museu Faraday - Prof. Borges da Silva*  
*Some of galvanometers stored /*  
**Alguns galvanómetros guardados**



### Saber ou Fazer! Conflito? *Know or Do! Conflict?*

**R**ecentemente faleceu um dos professores do IST que mais me influenciaram: o Professor Francisco Borges da Silva. Não era um professor “cool” como os alunos de hoje gostam de classificar os professores. Falava sem olhar os alunos. Mas, para mim, era pedagogicamente equilibrado na maneira como transmitia os seus excepcionais robustos conhecimentos teóricos e práticos. Com uma segurança que é apanágio de quem já ter feito, que me fez acreditar que eu estava no curso certo de engenharia eletrotécnica.

#### O meu interesse pela engenharia

Sempre vi a engenharia como uma formação para criar e fazer coisas. Aprendi muita coisa como autodidata e tinha sempre em vista tentar melhorar a minha capacidade de realização e de aplicação dos conhecimentos adquiridos.

Nasci numa aldeia pobre, isolada, sem água, eletricidade e as condições mínimas de vida. Se queria brinquedos tinha de os fazer. A minha única fonte de conhecimento era a carrinha da biblioteca itinerante da Fundação Gulbenkian que, de 15 em 15 dias, lá aparecia. Os livros que me fascinavam eram os que tinham a ver com invenções como a eletricidade, a lâmpada elétrica, a fotografia, o cinema, e a rádio, coisas a que eu não tinha acesso.

As minhas áreas preferidas eram, pois, a mecânica, a fotografia, o cinema (realização) e a eletrotecnia. Na eletrotecnia, a rádio exercia sobre mim um grande fascínio e, ainda, no ensino secundário, onde andei por cursos que ensinavam a fazer coisas, no início dos anos 60, construí rádios, e também amplificadores de áudio

***R**ecently, one of the professors of Instituto Superior Técnico (IST) who influenced me the most passed away: Professor Francisco Borges da Silva. He was not a "cool" teacher, as students nowadays like to classify their teachers. But, for me, he was pedagogically balanced, in the way he transmitted his exceptional robust theoretical and practical knowledge. A person with an assurance that is characteristic of those who had already done (the things reported) and, simultaneously, made me believe that I was in the right course of electrical engineering.*

#### *My Interest in engineering*

*I always saw engineering as training to create and make things. I learned a lot of things as a self-taught person and looking after to improve my ability to make things and apply the knowledge I had acquired.*

*I was born in a poor, isolated village, without water, electricity and the minimum living conditions. If I wanted toys I had to make them. My only source of knowledge was the Gulbenkian Foundation's itinerant library van that appeared every two weeks. The books that fascinated me were the ones about inventions mainly related to electricity, the electric light bulb, the radio, things I didn't have access to.*

*My favorite areas were mechanics, photography, cinema (directing), and electrical engineering. In the latter case, radio always fascinated me. In the early 1960's, during courses in high school, where I took courses that taught how to make things, I built radios, audio amplifiers and loudspeakers.*

*I ended up going to the Industrial Institute of Lisbon, IIL, where I attended the course in Electrical Engineering and Machines, where I studied for two years. There, I noticed that the desks we were sitting on had cast iron legs with several branches where the name IST appeared. Get excited because IST did things. I decided to come to Electrical Engineering and the last*



e colunas de altifalantes.

Acabei por ir ter ao Instituto Industrial de Lisboa, IIL, onde frequentei o curso de Eletrotecnia e Máquinas, onde estudei dois anos. Reparei que as carteiras onde nos sentávamos tinham umas pernas de ferro fundido com vários ramos onde apareciam as letras IST. Fiquei entusiasmado porque o IST fazia coisas. Decidi vir para Engenharia Eletrotécnica e o último ano foi feito em simultâneo com o primeiro ano de Engenharia Eletrotécnica na Faculdade de Ciências que ficava perto do IIL. Decidi vir para o IST, para o 2º ano de Eletrotecnia, em 1966.

Foi no IST que encontrei colegas com *hobbies* e interesses comuns em áudio Hi-Fi e rádio. Construíamos os nossos equipamentos, muitas vezes nos tempos livres, usando as oficinas de mecânica do IST. O meu emissor de VHF a válvulas, que se encontra no Museu Faraday, foi construído nessa altura. As nossas emissões eram clandestinas mas, conjuntamente com outros alunos do IST e jovens amigos externos ao IST, decidimos tirar a carta de radioamador para estarmos em condições legais. O meu indicativo era CT1ZO. Nessa época eramos vistos pelos outros radioamadores como [“O Gangue de VHF”](#), pois construíamos e operávamos equipamentos nas frequências mais altas possíveis, na época. Alguns desses amigos são agora voluntários do Museu Faraday, como o Jorge Amarante, o Albano Santos e o Rui Louro. Inicialmente usávamos válvulas eletrónicas, mas começaram a aparecer transístores que nos permitiam fazer recetores de baixo ruído em VHF e UHF, como, por exemplo, o transístor de junção de efeito de campo, JFET, MPF102 que apareceu em 1968 e que era o nosso “cavalo de batalha”.

Para frequências mais elevadas, os amplificadores de baixo ruído a transístores tinham muitas limitações, mas o mais avançado era uma tecnologia alternativa completamente diferente - os amplificadores paramétricos. Estes amplificadores lineares são baseados em não linearidades e são alimentados com

*year was done simultaneously with the first year of Electrical Engineering at the Faculty of Sciences that was close to the IIL. I decided to come to IST, for the 2nd year of Electrotechnics, in 1966.*

*It was at IST that I met colleagues with common hobbies and interests in Hi-Fi audio and radio. We built our own equipment, often in our spare time, using IST's mechanical workshops. My valve VHF emitter, which is in the Faraday Museum (FM), was built at that time. Our emissions were clandestine. Together with other IST students and some friends that were from outside to IST, I decided to get a radio amateur license, in order to be in legal conditions. My call sign was CT1ZO. At that time we were seen by other radio amateurs as [“The VHF Gang”](#), because we built and operated equipment in the most possible range of frequencies at the time.*

*Some of these friends are now volunteers at the Faraday Museum, like Jorge Amarante, Albano Santos and Rui Louro.*

*Initially we used valves, but transistors began to appear that allowed us to make low-noise receivers at VHF and UHF, such as the MPF102 field-effect junction transistor (JFET), which appeared in 1968 and constituted our “warhorse”.*

*Low-noise transistor amplifiers had many limitations at higher frequencies; but the most advanced was an entirely different alternative technology – the parametric amplifiers. Are based on nonlinearities and are radio-frequency powered. They convert alternating power from the radio frequency supply to signal. But the theory and practice of making these amplifiers were unknown to us.*

**Theoretical Electrotechnics at IST**

*At IST I had the opportunity to cement some theoretical concepts and add it to my practical experience in the*

**Museu Faraday**

**1970 - VHF Transmitter / Emissor de VHF**

**Moisés Piedade**



radiofrequência. Fazem conversão da energia alternada da alimentação de radiofrequência para o sinal, mas a teoria e a prática de fazer esses amplificadores eram para nós desconhecidas.

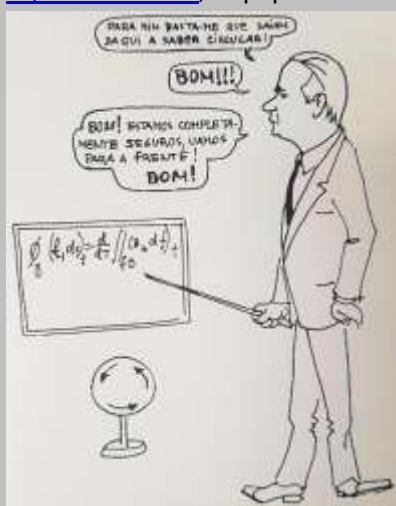
### A Eletrotecnia Teórica no IST

No IST tive a oportunidade de cimentar alguns conhecimentos com um rigor que me faltava, apesar da minha experiência prática.

Na disciplina de Eletrotecnia Teórica I tive como docente o Professor Ferrer Moncada, no seu último ano de leção, que tinha como assistente o Professor Borges da Silva.

Numa das excelentes aulas teóricas desta disciplina assistimos a uma experiência de demonstração feita pelo professor Moncada, que foi das que mais me marcou na minha passagem pelo IST. A experiência consistia na demonstração do funcionamento de um motor AC síncrono cujo campo girante tem a mesma frequência da rede (gira sincronamente) mas que apresenta um escorregamento de fase quando carregado mecanicamente e o campo girante se atrasa em relação à fase da rede até o motor parar, um fenómeno muito semelhante ao da perda de sincronismo das malhas de captura de fase. As equações são complicadas, não me lembro delas, mas percebi o fenómeno físico em causa e agora rapidamente conseguiria recuperá-las. Uma boa experiência ou demonstração laboratorial ensina-nos muito, para toda a vida.

Para visualizar a desfasagem foi [usado o oscilógrafo de laços de medida](#), equipamento que agora temos no



Prof. Ferrer Moncada

Caricaturado pelos alunos / *Caricatured by students*

*curricular unit Theoretical Electrotechnics I, I had as a teacher Professor Ferrer Moncada, in his last year of teaching, who had Professor Borges da Silva as an assistant teacher. In this first course we watched an excellent demonstration experiment made by Professor Moncada, one of the experiments that marked me most in my time at IST. It consisted in demonstrating the operation of a synchronous AC motor, whose rotating field has the same frequency as the network (it turns synchronously), but which presents a phase slip when mechanically loaded, causing the rotating field to lag behind the network phase until the motor stops: a phenomenon very similar to the loss of synchronism of phase-locked loops. The equations are complicated, I don't remember them. But I understood the physical phenomenon in question, which would quickly make it possible to recover the associated equations. A good experiment or laboratory demonstration teaches us a lot, and for life.*

*To visualize the lag, an optical oscillograph was used, equipment that nowadays belongs to the Faraday Museum, being used for a different demonstration. The motor is also at the Faraday Museum. It is our goal to repeat that remarkable experience and included it in demonstrations.*

*Theoretical Electrotechnics II was already taught by Prof. Borges da Silva and from the very first lectures I realized that this professor would give me the rigor of theoretical concepts that I needed to complete my skills in the experimental domain.*

*In the subjects taught by Prof. Borges da Silva, the laboratory work plans had to be copied by hand by the students from an existing copy in the Laboratory.*



Oscilógrafo Seimens & Halske /

*Oscillographe Siemens & Halske*

[Ver / see video.](#)

Museu Faraday, aplicado numa demonstração diferente. O motor também se encontra no Museu Faraday e é nosso objetivo repetir aquela experiência e inclui-la em demonstrações.

A Eletrotecnia Teórica II já foi lecionada pelo Prof. Borges da Silva. Logo nas primeiras aulas percebi que este professor me iria dar o rigor dos conceitos teóricos que eu precisava para completar a minha formação experimental.

Nas disciplinas orientadas pelo Prof. Borges da Silva os planos de trabalho de laboratório tinham de ser copiados, à mão pelos alunos, a partir de um exemplar existente no Laboratório. Nesta época uma fotocópia custava o preço de 5 cafés, mas estou certo de que a intenção do Prof. Borges da Silva era certificar-se de que os alunos iam para o laboratório com o plano de trabalho lido e estudado.

Na minha passagem pelo IST encontrei professores que eram excelentes do ponto de vista pedagógico, mas que me deixavam a ideia de que não tinham experiência sobre as matérias que estavam a lecionar. Poucos professores me satisfizeram neste ponto de vista. Nas aulas do Prof. Borges da Silva eu fiquei com a certeza de que este era um professor que sabia “fazer” o que estava a ensinar. Com ele, clarifiquei os conceitos de tensão, de diferença de potencial e de força eletromotriz, de campo gradiente e de campo aplicado. Com ele, aprendi a interpretar e a analisar fenómenos nas linhas de transmissão, assuntos onde eu já tinha experiência.

### **Amplificadores Paramétricos e Circuitos Caóticos**

Nesse ano soube que o Professor Borges da Silva ia fazer as provas de doutoramento e logo sobre um tópico que eu desejava aprender – os amplificadores paramétricos. Assisti às provas com outros colegas e ficámos entusiasmados. Ainda fiquei mais agradado quando percebi que o Professor Borges da Silva tinha construído, com as próprias mãos, os sistemas apresentados na tese, nas oficinas do IST. O seu rigor não lhe permitia encomendar as peças aos funcioná-

*In these times a photocopy cost the price of 5 coffees, but I am sure that Prof. Borges da Silva was to make sure that the students went to the laboratory with the studied work plan read.*

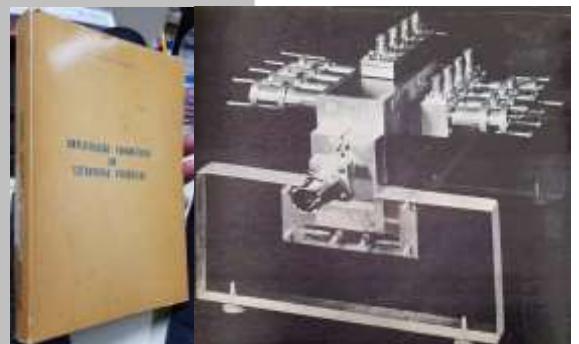
*When I was a student at IST, I met professors who were excellent from a pedagogical point of view, but who left me with the impression that they had no experience in the subjects they were teaching. Few professors satisfied me from this point of view. In Prof. Borges da Silva's lectures, I was sure that he was a teacher who knew how to "do" what he was teaching.*

*With him I clarified the concepts of voltage, potential difference and electromotive force, gradient field and applied field*

*From him I learned how to interpret and analyze phenomena in transmission lines, subjects where I already had experience.*

### **Parametric Amplifiers and Chaotic Circuits**

*That year I learned that Engineer Borges da Silva was going to present his PhD viva on a topic that I wanted to learn about - parametric amplifiers. I attended the viva with other colleagues and we were excited about the topic.. I was even more pleased when I realized that Professor Borges da Silva had built, with his own hands, the systems presented in the thesis, in the IST's workshops. His rigor did not allow him to order the*



1968 – Prof. Borges da Silva

*Parametric amplifier with resonant cavities /*

**Amplificador paramétrico com cavidades ressonantes**  
*parts to the workshop employees because they could bring errors that would cause problems in the experi-*

rios das oficinas pois poderiam trazer erros que lhe causariam problemas nos resultados experimentais.

Recentemente, eu e o Prof. Carlos Fernandes encontramos as peças que o Prof. Borges da Silva usou na sua tese e guardámo-las no Museu Faraday. É minha intenção reconstruir o sistema. O Carlos manteve sempre contacto com o Professor Borges da Silva, telefonando e visitando-o frequentemente. Numa das visitas, contou ao Professor Borges da Silva que no MF tencionávamos reconstruir o sistema da sua tese. Amavelmente ofereceu-nos um exemplar autografado da sua tese de doutoramento.

Em 1970, na avaliação da cadeira de Electrónica Aplicada II, para além das classificações dos testes e exame final, havia um trabalho final proposto pelos docentes. Propus fazer um trabalho sobre amplificadores paramétricos em micro-ondas e constituí um grupo que incluía os meus colegas Edgar Ataíde e Aníbal Botinas Mendes. Tivemos a classificação máxima.

Na sequência deste trabalho o Professor João Figanier atribuiu-me uma bolsa e, conjuntamente com o José Mariano Gago fizemos trabalhos em micro-ondas usando microstriplines. Estes trabalhos constituíram o nosso relatório de estágio para a Ordem dos Engenheiros.

A secção de Electrónica do IST convidou-me para professor assistente em outubro de 1971, onde viria a encontrar mais uma das minhas referências: o Professor Luís Borges Teixeira, também radioamador, que foi o professor mais culto em todos os domínios, que encontrei na minha passagem pelo IST.

A experiência em amplificadores paramétricos permitiu-me ajudar a Professora Ana Noronha, do Departamento de Física do IST, que fez o doutoramento em sistemas caóticos: fiz um demonstrador experimental que usou na sua dissertação.

Mais recentemente, em 2012, o Professor João Gois da Universidade Nova de Lisboa (UNL) convidou-me para júri de umas provas na UNL. Apercebi-me que tinha acabado de escrever [um livro sobre amplificadores paramétricos](#),

*mental results. Recently, Carlos Fernandes and I found the parts he used in his thesis and kept them at Faraday Museum. It is my intention to reconstruct the system.*

*Prof. Carlos Fernandes has always kept in touch with Professor Borges da Silva, calling and visiting him frequently. On one of these visits he told Professor Borges da Silva that at MF we intended to reconstruct the system of his thesis. He kindly offered us an autographed copy of his doctoral thesis.*

*In 1970, the evaluation of the curricular unit Applied Electronics II was made taking into account the grades of the tests, of the final exam and of the final work proposed by the professors. I proposed a work about parametric amplifiers in microwaves, and I formed a group that included my colleagues Edgar Ataíde and Aníbal Botinas Mendes. We got the maximum classification. Professor João Figanier gave me a grant and, together with José Mariano Gago, we did microwave work using microstriplines. This work was our internship report to the Order of Engineers.*

*The Electronics section of IST invited me to be their assistant teacher in October 1971, where I would find another of my references: Professor Luís Borges Teixeira, who was the most erudite that I met during my life at IST. My experience in parametric amplifiers allowed me to help Professor Ana Noronha, from the Physics Department of IST, who did her PhD on chaotic systems: I made the experimental demonstrator that she used in her dissertation.*

*More recently, in 2012, Professor João Gois from Universidade Nova de Lisboa (UNL) invited me to participate in different dissertation discussions at UNL. I realized that he had just [written a book on parametric amplifiers](#), together with Professor João Oliveira, also from the amateur radio group. I told him that I had already worked on these subjects and he offered me a copy of the book. In Engineering there are never closed subjects: 50 years later, seeing from the perspective of monolithic integrated circuits, the same theories*

conjuntamente com o Professor João Oliveira, também do grupo dos radioamadores. Referi-lhe que já tinha trabalhado nestes assuntos e ofereceu-me um exemplar do livro. Na Engenharia nunca há assuntos fechados: 50 anos depois, agora na perspetiva dos circuitos integrados monolíticos, as mesmas teorias têm aplicação prática.

### O trabalho sobre transístores

Conjuntamente com outros assistentes na área de eletrónica do IST, por volta de 1971, preparámos um trabalho experimental, em que os alunos determinavam experimentalmente as características de um transístor no novo traçador de características Philips PM6507 que fora recentemente adquirido. Este trabalho era feito no 5º ano do curso, na disciplina final designada por Laboratório de Telecomunicações e Eletrónica.

Mais tarde, foi proposto um trabalho muito semelhante na secção de Eletrotécnica e de Medidas Eléctricas (SETME), agora usando um traçador mais moderno, o Tektronix 576, numa disciplina do tronco comum. Ficámos um pouco frustrados e descontinuámos o trabalho sobre transístores. Talvez este trabalho estivesse mais bem feito do que aquele que tínhamos preparado e o Professor Borges da Silva achasse que o fazia melhor. Respeitámos esta opção a bem da formação dos alunos.

### A calculadora científica Tektronix

Em 1978-79, como Assistente do IST, comecei a preparar as provas de doutoramento em filtros de alto desempenho. Tive de desenvolver um programa de análise de circuitos, em Fortran, no [célebre IBM 360](#), usando cartões perfurados. O programa destinava-se a: analisar/calcular a sensibilidade de coeficientes de filtros e a calcular índices de desempenho, que eu tinha proposto, para as várias topologias de filtros.

Eu levava mais de 2000 cartões perfurados num caixote metálico para o Centro de Cálculo, para duas horas depois poder ser “premiado” com a existência de erros

*have practical application.*

### The work on transistors

*Together with other teaching assistants in the Electronics area of IST, we prepared a lab work, where the experimental determination of the characteristics of a transistor in the Philips characteristic curve tracer, recently acquired, was made. This work was done in the 5th year of the course, in the final curricular unit called Telecommunications and Electronics Laboratory.*

*Later, a very similar work was proposed in the section of Electrotechnical and Electrical Measurements (SETME), now using a more modern curve tracer, the 577 Tektronix, in a common core curricular unit, that is, for a larger number of students. We got a little frustrated and we discontinued the work on transistors. Maybe this work was better than the one we had prepared and Professor Borges da Silva thought he could do it better. We respected this option for the sake of the students' education.*

*In 1978-79, as an Assistant at IST, I started preparing my PhD thesis on high performance filters. I had to develop a circuit analysis program, in FORTRAN recurring to the [well-known IBM 360](#), which used punched cards. The program was intended to: analyze/calculate the sensitivity of filter coefficients; and to calculate performance indexes that I had proposed.*

*I used to carry over 2000 punch cards in a metal crate to the Calculation Center, to be "rewarded" two hours later with errors in the instructions. It was an inglorious job. I keep this crate in the Faraday Museum, next to the card punching machine that we later recovered for the FM collection.*

*One day I was asked to contact SETME about a certain subject and I found Professor Borges da Silva programming a desktop scientific calculator, the [Tektronix 31](#) which had recently been manufactured in the USA (1973). I was stunned. While I was loading cards into the IBM360, there were professors at IST*



Philips PM 6507 e /and Tektronix 576

nas instruções. Era um trabalho inglório. Guardo este caixote no Museu Faraday, MF, junto à perfuradora de cartões que recuperámos mais tarde para o acervo do MF.

Num certo dia pediram-me para contactar a SETME sobre um dado assunto, e encontrei o Professor Borges da Silva a programar uma calculadora científica de secretária, a [Tektronix 31](#) que fora fabricado recentemente (1973) nos EUA. Fiquei atónito. Enquanto eu carregava cartões para o IBM360, havia lá professores no IST a usar uma calculadora científica dotada de unidade de disquetes, gravação de dados em fita magnética, com um traçador gráfico associado e a [capacidade de ligar a instrumentos](#) externos. Quando iniciámos a construção do Museu Faraday, procurámos várias vezes esta calculadora até que a descobrimos. Reparámo-la e está a trabalhar. Temos os programas de muitos docentes da SETME que eram guardados em fita perfurada. Mais tarde vim a saber que a calculadora estava na chamada “Sala da Ciência”. Nome sugestivo para o que era afinal o gabinete do Professor Borges da Silva.

#### Abrangência científica do Professor Borges da Silva

E recordando o Professor Borges da Silva a programar microprocessadores; estava a fazer justiça à sua imagem de um professor extremamente rigoroso, que ensinava o que sabia fazer e que queria estar a par de todas as inovações tecnológicas.

Nos anos 80, já eu era investigador do [INESC](#), o [Professor Luís Vidigal](#) recebeu um pedido para estudar transformadores de alta tensão para os novos televisores a cores que a empresa [Standard Elétrica](#) pretendia desenvolver.



Computador da sala da ciência / *Computer on Science Room* (Museu Faraday)

1- Tek31; 2- Cartucho de fita; 3- Unidades de disquetes de 8"; 4- Disquete; 5- Porta série;  
6- Traçador Gráfico; 7- Interface de Instrumentação.

*using a scientific calculator with floppy disk drive, data recording to magnetic tape and an associated graphing tracer and the capacity to [connect to external instruments](#). When we started the construction of the Faraday Museum, we looked for this calculator several times until we found it. We repaired it and it is working now. We have the programs of many SETME members that were saved on a punched tape. Later I learned that the calculator was in the so-called "Science Room". A suggestive name for what was after all Professor Borges da Silva's office.*

#### *The scientific scope of Professor Borges da Silva*

*Remembering Professor Borges da Silva when he was programing microprocessors, I am doing justice to his image as an extremely rigorous professor, who taught what he really knew how to do and who wanted to be always up to date with all technological innovations.*

*In the 1980s, when I was already a researcher at [INESC](#), Professor Luís Vidigal received a request to study high-voltage transformers for the color televisions that the [Standard Elétrica](#) Company was planning to develop. [Professor Vidigal](#) wanted me to collaborate on the transformer part. I warned him that these transformers would be distributed and not of the Faraday transformer type or of concentrated parameters. In other words, I pointed out that this work required a person with a lot of experience to develop it. The only person that I knew at IST who could perhaps study this subject was Professor Borges da Silva. I was a little disappointed that Professor Borges da Silva didn't want to make that commitment, when Professor Vidigal contacted him. Maybe because it was a project required by a company. In my opinion, the knowledge developed at the University should be used to help solve industry problems.*

*In 2015, in the set of materials that we collected at IST to organize the Faraday Museum, we found some scientific equipment that was under the custody of Professor Borges da Silva. This equipment had been presented in an exhibition on galvanometers organized*

O Professor Vidigal queria que eu colaborasse na parte ligada ao transformador. Alertei-o para o facto de esses transformadores serem distribuídos e não serem de parâmetros concentrados (tipo transformador de Faraday).

Este estudo requerer uma pessoa com muita experiência de circuitos de parâmetros distribuídos e de experiência prática. A única pessoa que eu conhecia no IST que talvez pudesse estudar esse assunto era o Professor Borges da Silva. O Professor Vidigal contactou então o Professor Borges da Silva. Fiquei um pouco desiludido por ele não querer assumir o compromisso. Talvez por se tratar de um projeto para uma empresa; na minha opinião o conhecimento desenvolvido na Universidade deve ser aproveitado para ajudar a resolver problemas da indústria.

Em 2015, na recolha de equipamentos que fizemos no IST para organizar o Museu Faraday, encontrámos alguns equipamentos científicos que estavam à guarda do Professor Borges da Silva e que tinham sido apresentados numa exposição sobre Galvanómetros, realizada no átrio do edifício central do IST, organizada pela Eng<sup>a</sup> Teresa Pera e pelo Prof. Borges da Silva. Estes equipamentos fazem agora parte do espólio do Museu Faraday.

Recentemente, em 2016, descobrimos um conjunto de equipamentos de demonstração de micro ondas, feito nos EUA no final dos anos 50, princípio de 60, que permite fazer experiências em guias de ondas, com ondas estacionárias, testes de reflexão, refração e concentração de feixes de micro-ondas. Este conjunto pertencia ao Prof. Borges da Silva. Penso que serviu de base de experimentação para os seus trabalhos de doutoramento. No Museu Faraday estamos a preparar experiências de demonstração de propriedades das micro-ondas com este conjunto pedagógico herdado do Prof Borges da Silva.

No passado mês de dezembro, faleceu o Professor Borges da Silva, um dos professores que mais me influenciou na formação que adquiri no IST. Senti-me no dever de lembrar e recordar como me influenciou.

*by Engineer Teresa Pera and Professor Borges da Silva, held in the atrium of the central building of IST. It is now part of the collection of the Faraday Museum.*

*Recently, in 2016, we discovered a set of microwave demonstration equipment, made in the USA in the late 1950s, that allows to do experiments in waveguides with stationary waves and several tests concerning reflection, refraction and concentration of microwave beams. This set belonged to Prof. Borges da Silva. I think it served as the experimental basis for his PhD work. We intend to use it in the MF: we are currently preparing a set of experiments to demonstrate some microwave properties.*



**Museu Faraday - Prof. Borges da Silva**  
**F.X.R. Inc. - Kit de Micro-ondas (1962) / Microwave kit**



**Prof. João Francisco Borges da Silva**  
**(1934 – 2021)**

*Last December, Professor Borges da Silva passed away. One of the professors who most influenced me in the training I acquired at IST. I felt it was my duty to remember how he influenced me.*

**Moisés Piedade**  
**Prof. IST (aposentado)**  
**Investigador Emérito do INESC**  
**Diretor Honorário do Museu Faraday**