

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

**DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO**

# **Uma vida de estudante**

**Memorial Acadêmico**

**Rodrigo de Souza**

Janeiro de 2026

# Prólogo

Ao me lançar ao encargo de produzir este memorial, logo vi que essa seria uma proeza de natureza não somente diversa, mas mesmo fundamentalmente oposta à visão de mundo que caracterizou meus últimos dezesseis anos.<sup>1</sup> Refiro-me às peculiaridades do encargo duplo de professor e pesquisador (e gestor) que caracterizam o magistério superior, quais sejam: a imparcialidade, o respeito irrestrito ao registro científico, a isenção de qualquer laivo mais personalista – erro fortemente combatido já nos primeiros passos da redação de um TCC ou de uma dissertação de mestrado, vício que automaticamente invalida qualquer artefato que se proponha a fazer avançar a fronteira do conhecimento. Pois nesta culminância formal da carreira, somos convidados a apartar esse espírito, e ser, surpreendentemente, personalistas.<sup>2</sup>

Ocorre que, nessas alturas da carreira docente, falar de si é uma habilidade atrofiada, que talvez tenhamos mesmo desaprendido. Ou não a queremos exercer.<sup>3</sup> Então, a angústia que precedeu a redação deste texto agrilhetou-me a uma sucessão de adiamentos, só interrompidos pela ação acertada de abrir o processo administrativo, o que conseqüentemente me obrigou a um prazo e à instalação de uma reflexão séria sobre o projeto. Disso, extraí um compromisso comigo mesmo, e que constitui o espírito deste texto. Falarei de mim, certamente, mas me empenhando para usar essa

---

<sup>1</sup>Precisamente desde abril de 2009, quando ingressei como docente adjunto na Universidade Federal Rural de Pernambuco.

<sup>2</sup>Como tudo na vida, acadêmica ou não, é claro que tive de aprender a fazer este texto. Para isso, não pude me furtar ao impulso de bisbilhotar a vida alheia, atitude absolutamente legítima na Ciência. Então, lancei-me ao prazeroso serviço de folhear os memoriais de colegas que me precederam. Chamou-me a atenção um parágrafo no texto de Prof. Reginaldo Barros, que iniciou sua digressão com uma menção meticulosa à legislação a obedecer. Diz-nos Prof. Reginaldo: *Recomenda também a Instrução Normativa N° 001/2014-GR/UFRPE que o Memorial Descritivo Analítico deve ter a narrativa na primeira pessoa do singular, com o propósito de transformar a trajetória acadêmico-profissional do professor num relato que possibilitará que se visualise com relativa facilidade a relevância dos fatos mais marcantes, com justo e merecido resgate das ações exercidas, as finalidades e os motivos pelos quais foram desenvolvidas.* Primeira pessoa do singular, está posta a obrigatoriedade de se contar uma história pessoal.

<sup>3</sup>A redação deste memorial foi um exercício prolongado de exposição. Recordo-me de uma entrevista que li há muitos anos no encarte de um disco – como se vê, há muitos anos – que traz a interpretação dos dois primeiros concertos para piano de Rachmaninov pelo pianista Krystian Zimerman, com a Boston Symphony Orchestra regida por Seiji Ozawa. Zimerman diz sobre o Rach 2: *I thought about how I would feel if I'd written a piece like the Second Concerto - there are some intensely touching moments and the melodic parts say so much about the composer that you would feel almost naked.*

história como pano de fundo, pretexto, para falar de pessoas e instituições. Minha trajetória acadêmica é fruto da atuação de grandes mestres e da permanência em extraordinários locais de se fazer Ciência. Falar de mim é falar deles, de forma que minha maior pretensão é que este texto lhes renda uma homenagem, ao menos um reconhecimento, e que demonstre que meus esforços fizeram jus aos seus.

Advirto ao leitor que imprimi a este texto um estilo pouco comum, reconhecidamente avesso a o que se pretende que se produza no interior desses solares preciosos que são as universidades públicas. Às vezes resvalo pelo informal, adoto um tom cômico, menciono curiosidades em notas de rodapé<sup>4</sup>, mas sobretudo, orvalho de leve algumas passagens com um registro proibitivamente literário para a academia. Em minha defesa, direi que encontrei esse mesmo estilo rapsódico em outros memoriais, então, assumi que a ausência de regras, é precisamente a regra. Ao mesmo tempo, preocupou-me aborrecer o leitor com longos relatos eivados de apelos significativos a mim unicamente. Essa preocupação me acompanhou de uma ponta a outra da preparação deste memorial, e honestamente me esforcei para, a despeito do estilo, destacar sucintamente os eventos mais diretamente relevantes para a construção de minha trajetória acadêmica, como se espera. O leitor julgará se fui ou não feliz.

Há uma outra mania que contamina este texto. A partir do relato de minha segunda iniciação científica, quando passei a estudar Teoria dos Autômatos, minha área de especialização, não pude me furtar a apresentar, talvez com euforia, e certamente com algum detalhamento, conceitos, propriedades e resultados que constituíram meu material de trabalho de eleição – eis um grande privilégio, a escolha. Isso perfaz o fim da graduação, mestrado e doutorado, e também um intervalo delimitado de minha atuação na UFRPE, em que fiz pesquisa como “hora extra”. O leitor me perdoará se nessas linhas pareço resvalar pela presunção, ou por aquela espécie de auto-hipnose que tão frequentemente acomete o pós-graduando e o imanta à sua pesquisa como as mariposas se fascinam pela luz. A Teoria dos Autômatos de fato me fascina, mas se falo dela, do que estudei nela, é meramente porque sou um operário das fileiras da teoria, simples e pragmático, sempre o fui e já me convenci de que não possuo competências para não o ser até a consumação de meus dias. Então está aí, na pesquisa em Teoria dos Autômatos, minha verdadeira profissão, aquilo que posso prometer desempenhar com um mínimo de fundamento. Submergi na gestão universitária, executei convênios, mas as verdadeiras contribuições para o mundo que entendo que derivam de minha passagem, são meus teoremas. Então, o leitor poderá esperar alguns parágrafos mais áridos, mas busquei não perder a moderação de vista.

Relativamente à estrutura, dividi o texto em quatro momentos, cada um centrado em uma cidade – São Roque, São Paulo, Paris e Recife, que coincidem com as

---

<sup>4</sup>O leitor com pouco tempo pode mesmo ignorar a maior parte dos rodapés, sem prejuízo algum; pode até assumir o compromisso consigo mesmo de que este será o último em que pôs os olhos.

etapas de minha construção: ensino fundamental e médio, graduação e mestrado, doutorado, ingresso como docente na universidade pública. Em cada um, exponho, como dito, pessoas, locais e resultados, alguns oficiais, outros não, todos, sobretudo, importantes. Preciso também enfatizar que muitas outras pessoas, aquelas que me acompanharam de perto desde sempre, família e amigos, não fazem parte deste relato, porque este é um relato circunscrito ao mundo acadêmico, aos fatos e habitantes desse mundo. Escusado dizer que estas linhas não estariam hoje escritas sem o apoio dessas pessoas. A memória e gratidão a todas elas é como as páginas em branco por trás do texto: o substrato onde este foi escrito, a condição para que as palavras existam, permanente e presente em todas as páginas. Peço licença entretanto para um agradecimento especial à minha esposa, Maria do Carmo, e meu filho, José Francisco, pela indulgência frente a essas férias em que passei imantado ao monitor.

Complemento este documento com uma sistematização de minha trajetória, colocada em apêndice, que não abrange tudo o que fiz, mas é suficiente para representar tudo o que fiz. Por simplicidade, refiro-me com frequência à leitora e ao leitor como *o leitor*, submetendo-me a um desconfortável viés da língua. De antemão agradeço a atenção dispensada a este documento pela banca avaliadora, e mantenho a esperança de que a recepção seja melhor do que a enfrentada pelo *Ein Heldenleben* de Richard Strauss, para quem *um monstruoso ato de egoísmo* foi uma das críticas mais amenas.

# Sumário

<b>Prólogo</b>	<b>i</b>
<b>1 São Roque</b>	<b>1</b>
<b>2 São Paulo</b>	<b>7</b>
<b>3 Paris</b>	<b>30</b>
<b>4 Recife</b>	<b>56</b>
<b>Epílogo</b>	<b>88</b>
<b>5 Trajetória acadêmica</b>	<b>92</b>
5.1 Atividades administrativas . . . . .	92
5.2 Disciplinas Ministradas . . . . .	93
5.2.1 Graduação . . . . .	94
5.2.2 Pós-graduação . . . . .	95
5.3 Produção bibliográfica . . . . .	95
5.3.1 Artigos em Periódicos . . . . .	95
5.3.2 Trabalhos em Congressos . . . . .	96
5.4 Orientações . . . . .	98
5.4.1 PIBIC . . . . .	98
5.4.2 PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência	98
5.4.3 Orientações de Pós-Graduação . . . . .	98
5.5 Outras atividades . . . . .	100

# 1

## São Roque

São Roque, terra do vinho – exagerada ou não, essa cidade pequena e enladeirada do interior de São Paulo, cujos montes ornamentam os quatro cantos do horizonte, conseguiu consolidar esse título, oficializado pelo de estância turística.<sup>1</sup> Lá nasci em 1978, para viver uma infância condizente com o espírito local: contemplativa.

Sem ser destacado, acalentava todavia um propósito íntimo enigmático, infundado: o de ser cientista. Talvez em razão de curiosos livretos de divulgação científica trazidos por meu pai, que eu folheava à exaustão, recordando o Dom Quixote que, após absorver seus livros de cavalaria, desvairou-se e ganhou o mundo como cavaleiro andante. Mas, de alguma forma, uma fantasia difusa sobre o *métier* do cientista herói, desbravador das fronteiras do conhecimento, embalava minhas elucubrações sobre o mais sério problema infantil, *o que serei quando crescer*. Nesse imaginário em que eu me extasiava, sobejavam visões idealizadas do Renascimento, da Ciência como veículo da iluminação do espírito humano, e isso eu vivenciava ouvindo As Quatro Estações de Vivaldi, em uma fita cassete presenteada por um amigo da escola, gravação de um disco, com todos os inesquecíveis chiados. Sequer imaginava que cientista também lida com gente, e com a gestão de gente, edifícios e recursos. Muito mais tarde, essa chocante realidade me apanhou de roldão, como narro no Capítulo 4.

Ao mesmo tempo, esse deslumbramento ingênuo, infantil, estimulado pelas visitas a meu refúgio predileto – a pequena biblioteca municipal, às vezes para admirar as lombadas dos livros somente – mostrou-se fundamental e muito útil para a

---

<sup>1</sup>Visite São Roque: <https://turismo.saoroque.sp.gov.br/>

construção de minha trajetória acadêmica. Com efeito, difícil conceber como preocupações exclusivamente práticas poderiam bastar para manter o ânimo intacto em anos ininterruptos de estudo, que perfazem graduação, mestrado e doutorado. Definitivamente a carreira científica não é o caminho mais curto para a abastança. À fama, às vezes. A melhor explicação para essa entrega de uma vida é o amor.

Em São Roque fiz o primeiro e segundo graus integralmente no hoje extinto Colégio São José, na época um rescaldo de um antigo colégio religioso, que, em meus primeiros anos escolares, ainda conservava práticas como a separação entre meninos e meninas no recreio. Nesses primeiros dezoito anos, três recordações importam à finalidade deste memorial, e esgotam a finalidade do presente capítulo.

A primeira trata de duas mestras, em nome de quem, quero também homenagear outras e outros tantos que vieram depois. Dona Vicentina Góes foi a preceptora de minhas primeiras letras. Muito mais do que isso. Com ela e com Dona Rosalina Salvetti, educadoras de gerações, tive o privilégio de estudar no primeiro e segundo anos, à época, “primeira série” e “segunda série”, privilégio que consistiu em testemunhar tamanha ascendência sobre a turma, tamanha capacidade de conduzir e educar, que as impressões dessa vivência se estamparam com vivacidade em minha memória. Educadoras sobranceiras, herdavam ainda práticas hoje extintas<sup>2</sup>, mas uma extraordinária capacidade de unir firmeza e afeto, o ardor e a devoção na formação de jovens espíritos, o amor ao ofício, que transparecia nos detalhes dos materiais que nos eram artesanalmente preparados, engendravam um magnetismo onde nos sentíamos acolhidos, seguros e orientados. Com toda a consideração às teorias pedagógicas, que com o tempo aprendi a, se não penetrar na compreensão científica, ao menos venerar<sup>3</sup>, a rememoração de aulas verdadeiramente artísticas, onde os conteúdos se revestiam de canto, poesia e toda sorte de estímulo à nossa curiosidade, consiste para mim, até hoje, como um verdadeiro guia pedagógico, e como um chamado persistente a um ideal de prática docente, isento de burocratizações e de qualquer interesse espúrio, alheio ao de ensinar. Uma formação pedagógica precoce, que durou dois anos.

A segunda memória é a história de meus primeiros contatos com computadores. Estamos aqui no início da década de 1990, e em São Roque, computadores não eram muito mais do que elementos do imaginário fantástico, fomentado por filmes de ficção científica, uma quase impalpável novidade. Meu pai era contabilista

---

<sup>2</sup>Por mais de uma vez presenciei um incivil sendo conduzido pelas costeletas, nos dedos dos pés, ao canto da reflexão. Felizmente, minha personalidade morbidamente fleumática preservou-me de tão rudes reprimendas.

<sup>3</sup>Em particular o sociointeracionismo de Vygotsky, a que tenho uma certa devoção.

na Companhia do Metropolitano de São Paulo, e o plano de saúde empresarial nos dava acesso a médicos em São Paulo somente, o que exigia deslocamentos frequentes de minha mãe à capital, arrastando-nos a mim e meus irmãos. Essas visitas, mesmo que por um motivo prosaico, sempre me descortinavam um panorama superlativo, não somente em razão da ampliação extraordinária da noção de limites de uma cidade, mas principalmente devido a passagens rápidas mas inesquecíveis ao espaço de trabalho de meu pai, um prédio imponente entre prédios imponentes no cruzamento da Av. Augusta com a Av. Paulista. Nesse local, com espanto eu me deparava, em meio à azáfama do belo escritório acarpetado, com máquinas fabulosas, processadoras de volumes massivos de dados, dados oriundos de todas as partes daquela cidade titânica, máquinas que encerravam potenciais extraordinários de tratamento desses dados. Na imaginação, a pergunta de que potenciais seriam esses, que cenários ilimitados estariam ao alcance das mãos que adquirissem a virtude de dominar as instruções desses apetrechos e as maneiras de estruturar esses dados, originalmente caóticos, para serem classificados, ordenados, transformados, interpretados. <sup>4</sup>

Esse deslumbre ganhou materialidade quando, em 1990, minha turma do colégio foi surpreendida pela visita, em sala de aula<sup>5</sup>, do representante de uma “escola de Informática”, que ofereceria um curso de BASIC na cidade, talvez o primeiro cometimento do gênero naquelas paragens. A despeito das dificuldades financeiras, fantasma onipresente nas famílias que vivem de aluguel, o entusiasmo de meu pai por tecnologias foi determinante para a persuasão à minha inscrição no tal curso. E foi assim que no primeiro dia, em uma farândola desconexa de curiosos, crianças curiosas e adultos curiosos<sup>6</sup>, sem atinar para o que viria pela frente, pus as mãos pela primeira vez em um teclado, que era o de um MSX Hotbit, para, extasiado, finalmente me ver no comando dessas máquinas, comando que se concretizou em um singelo

```
10 PRINT "Oi"
```

Pouco me lembro do restante do curso, que hoje me parece ter sido um mero pretexto para a vivência desse momento. Nele, parece que estabeleci um compromisso vital de penetrar, profundamente<sup>7</sup>, no funcionamento da máquina – e usá-la para resolver os problemas da Humanidade. E que panorama difuso mas monumental de

<sup>4</sup>Por trás desse devaneio infantil, há uma opinião – não unânime – sobre a Ciência da Computação, que se exprime tão bem em palavras de um dos formatadores históricos da área, Edsger Dijkstra, das quais tirei a epígrafe deste capítulo: *when we recognize the battle against chaos, mess, and unmastered complexity as one of computing science's major callings, we must admit that 'Beauty Is Our Business'.*[19]

<sup>5</sup>Coisa comum naquela época. De repente, um sujeito com uma maleta pedia licença, e fazia propaganda de uma enciclopédia sobre o corpo humano ou de algum apetrecho lúdico educacional.

<sup>6</sup>Os anos seguintes assistiram a uma proliferação dessas instituições. Era comum se matricular em um curso de Wordstar ou Lotus 1-2-3 sem saber ao certo para que serviam essas ferramentas. O medo de permanecer ao largo dos “empregos do futuro” arrastou multidões para essas formações.

<sup>7</sup>A busca por essa essência difusamente suspeitada foi o que me levou à Teoria dos Autômatos.

possibilidades se abria diante de mim! Naquele momento, muito além da insignificante linha de código, parece que sussurrei à caixinha conectada a uma televisão: *temos muito o que tratar; doravante, vou me dedicar a desvendar os seus segredos.*

Até 1996, quando terminei o ensino médio, permaneci à espreita de toda fonte de informações sobre o tema, ao menos as acessíveis em São Roque. Inicialmente, sem poder adquirir um MSX, e invejando o vizinho dos fundos, que eu surpreendia por cima do muro usando o que parecia ser um [TK 85](#), aprendi, instavelmente, elementos de programação em BASIC, não exatamente no estranho curso introdutório, mas vasculhando livros na biblioteca e copiando listagens de código em uma máquina datilográfica que tínhamos em casa. Em determinado momento, pude “aperfeiçoar-me” ao me matricular na novidade subsequente na cidade, um curso de [dBase III](#) (que novamente eu não imaginava do que se tratava), mas sobretudo, na leitura voraz da revista [Microsistemas](#), que passava a figurar no acervo da banca da cidade.

Em determinado momento, em 1993 ou 1994, meu pai, no que, hoje sei, mais do que uma proibitiva transação, foi um investimento no futuro, adquiriu um [PC XT](#)<sup>8</sup> de uma empresa de São Paulo (que levou o computador de carro, ao longo dos sessenta minutos na Raposo Tavares que separam São Roque de São Paulo, entregando aquele monumento tecnológico na porta de casa). Diante do monitor de fósforo verde, finalmente minhas mãos poderiam exercer sua vocação de criar soluções através de programas. Naquela época, usar um computador era uma atividade *sui generis* para o indivíduo de quinze anos, mesmo para digitar trabalhos escolares (minha primeira fonte de renda). Pouco importava. O universo de perspectivas grandiosas, o devaneio pueril do cientista herói, as imagens difusas do Renascimento, atualizadas para a nascente era digital, estavam, finalmente, de portas abertas para mim. Da livre experimentação, sem qualquer orientação ou amarra formal, emergi para o que entendi na época ser um programador habilidoso<sup>9</sup>, muito embora meus dois primeiros empreendimentos mais sérios na indústria do *software* redundassem em malogros retumbantes. Peço vênias ao leitor para incluir um relato sobre esses insucessos, que de certa forma, mostraram-me uma nesga da necessidade de uma Computação maior, de uma plataforma de conhecimento onde técnicas, critérios e práticas ignorados por mim permitiriam a elaboração de soluções computacionais funcionais.

O primeiro foi um “software educacional” sobre modelos atômicos que eu e um grande amigo decidimos desenvolver para apresentar na feira de ciências da escola. Meu amigo, de longe uma das mentes mais capazes<sup>10</sup> com as quais me deparei, até hoje – tornou-se Físico – estaria responsável pelo conteúdo, pela concepção das *animações* que seriam apresentadas. A mim caberia a implementação, e o fiz através

---

<sup>8</sup>Com [drive](#) 5 1/4 e [winchester](#)!

<sup>9</sup>Certeza desmontada já nos primeiros dias da graduação, como comento no próximo capítulo.

<sup>10</sup>Vou me privar de nomear os personagens desse relato, à exceção de docentes e colegas das instituições por onde passei. Os envolvidos saberão se reconhecer, caso algum dia leiam esse texto.

de primitivas gráficas rudimentares <sup>11</sup> como círculos e elipses, que, reaproveitadas, permitiam, por exemplo, ilustrar o modelo de Rutherford, acendendo e apagando esses círculos ao redor do núcleo, criando a ilusão de movimento. Isso tudo nos parecia extraordinário: era como se estivéssemos promovendo uma ruptura histórica na feira de ciências, levando para lá a Computação. Muito melhor do que a sugestão da organização da feira, que, ao saber que um computador estaria em funcionamento no local, propôs como atividade executar *um daqueles programas de construir mapa astral* (proposta que não nos pareceu muito científica, e foi de pronto rejeitada). Infelizmente, não atinávamos com o inelutável fato da vida de que *nenhum software estará pronto no prazo*. E, prelibando os anos vindouros da universidade, amanhecemos no dia da feira, após uma noite intensa, tentando fazer tudo funcionar em conjunto, mesmo que cada módulo, cada modelo atômico, telas bonitas até, funcionassem separadamente. Buscando desesperadamente a fonte do problema, sem sucesso (se tivéssemos cigarros, acho que fumaríamos), chegada a hora de se instalar na feira, partimos para lá, computador a tiracolo, para continuar a mesma luta, só que dessa vez diante de todos, passando nisso o dia inteiro, de forma que nossa apresentação acabou se constituindo em uma curiosa performance, que poderíamos intitular de *devs depurando o código na data de entrega ou o que está por trás da criação do software que você usa*. Pedimos desculpas aos docentes da organização, que nos desculparam, mas não pouparam um olhar que parecia dizer *vocês deveriam ter apresentado o mapa astral*.

O contexto do segundo fracasso foi uma espécie de competição de projetos de *software*, que foi engendrada no seio de meu círculo escolar. Nela, eu e o mesmo parceiro de desventuras da feira enfrentaríamos um amigo de outra escola, também entusiasta mirim da programação. Escolheu-se um juiz (outro amigo, que futuramente se tornou Geólogo), fixou-se como prazo o fim do ano. Ambos os lados apresentaram suas propostas, sendo a de nosso adversário um coquetel de utilitários na linha do então famoso [Norton Utilities](#). A nossa, era uma suíte de escritório em modo texto, ou seja, para [DOS](#). Apelidamos a ferramenta de *Unlimited*, vislumbrando a possibilidade de *plugins* ou algo do tipo, que permitissem estender as funcionalidades da “plataforma”. Hoje considero que qualquer artefato que receba um nome desses está fadado ao fracasso (o nome do produto concorrente era igualmente ruim, então, nesse quesito, empate). De qualquer forma, o ano terminou com nosso competidor alegando, se não me falha a memória (não quero ser injusto), que ainda trabalhava na implementação. E nossa suíte resumia-se a um muito rudimentar e sumamente limitado [Edit](#), o bloco de notas do DOS. Assim, não somente nossa proposta, mas o concurso todo, foi um memorável malogro. Mas a experiência serviu como um ótimo laboratório, repleto de desafios a superar. Como armazenar o texto sendo editado,

---

<sup>11</sup>Nessa época, eu havia manejado uma troca de meu monitor monocromático por um monitor [VGA](#), o que me permitia usar o [SCREEN 12](#) do BASIC na fantástica resolução de 640 por 480 pixels, com cores.

mantendo na memória o estado da edição sempre atualizado? Em determinado momento, percebi que a abertura e fechamento dos menus eram lentos, de forma que me aventurei a ler e escrever diretamente na memória de vídeo usando os famigerados [PEEK e POKE](#).<sup>12</sup> No fim, eu tinha um produto lento, arcaico mas funcional, que permitia ler um arquivo, editar e salvar. O *Unlimited*, juntamente do software educacional que nunca funcionou e de um jogo de truço que, esse, não vale a pena detalhar neste texto, foram as realizações de minha juventude, e me permitiram provar a mim mesmo que minha contribuição ao mundo estava na Ciência da Computação.

A terceira memória é uma primeira experiência na gestão, da qual só farei uma breve menção. Por algum motivo, tornei-me o coordenador, ou o representante, ou algo assim, da comissão de formatura, em 1996, terceiro ano do ensino médio. O fato relevante é que, pela primeira vez, pude experimentar a dificuldade suprema de *lidar com gente*. Isso porque a turma estava em conflito com a direção da escola, naquele momento crucial de finalização dos estudos, de forma que busquei atuar, ou fui levado a essa posição, como intermediário entre os dois lados. Essa opção pela diplomacia acabou se arraigando em meu espírito e foi acionada em outras ocasiões, com suas vantagens e desvantagens – a mais explícita, uma certa percepção de que eu atuava como agente duplo, protesto oriundo dos dois lados em conflito. Não há fórmula infalível, ou ainda, não há algoritmo possível quando se trata de promover a cooperação entre duas ou mais pessoas. Isso é uma arte que admiro naqueles que a realizam tão bem, não é meu caso. De qualquer forma, a formatura aconteceu, e mesmo abjurando de qualquer participação futura em posições de gestão, os anos mostraram que, como na música [Wave](#) de Tom Jobim, *é impossível ser feliz sozinho*.



---

<sup>12</sup>Use por sua conta e risco.

# 2

## São Paulo

Meu ingresso no BCC – [Bacharelado em Ciência da Computação](#) do [IME-USP](#) (Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo) foi um evento fortemente *hypado* (termo bastante eloquente) pelo colégio, que publicou o feito no jornal [O Democrata](#) (uma foto minha e de outros egressos que também conseguiram passar na [FUVEST](#)). Em 1997 iniciei o curso, e na primeira semana, uma cólica fortíssima foi diagnosticada como oriunda de cálculos biliares, o que me obrigou a uma cirurgia e um conseqüente início com atraso. Também nesse primeiro semestre, fui o universalmente invejado ganhador de um sorteio na [Livraria da Física](#), vindo-me de repente com um bônus de mil reais em livros à minha escolha. Livros, o ouro do estudante – fiquei rico! Na época, foi suficiente para suprir uma boa parte da bibliografia do curso, e fazer alguns agrados (meu companheiro do insucesso na feira de ciências recebeu uma caixa com o [Feynman Lectures on Physics](#), três livros que eram muito bonitos, como reparação por tantos enxovalhos perpetrados pela Computação).

À parte esses eventos pitorescos, foi um primeiro semestre difícil. Uma certeza importante rapidamente se impôs: contrariamente às minhas convicções<sup>1</sup>, eu talvez conhecesse alguns truques, mas definitivamente, não detinha mais do que bem escassos rudimentos sobre a arte da programação – não sabia o que eram tipos de

---

<sup>1</sup>Ah, o ingressante, essa preciosa promessa para o futuro! Nos primeiros dias da graduação, um colega se deparou com a chave elétrica geral do [CEC](#) – Centro de Ensino de Computação, laboratório que nós e outras turmas usavam, aparentemente achou aquilo bonito, e... desligou. Nunca nos esquecemos dos relatos de que gritos foram ouvidos de dentro do laboratório, naquela época em que não havia nuvem para manter salvas e seguras as últimas atualizações de nossas implementações. Curiosidade linguística, no Recife os ingressantes são chamados de *feras* (sempre achei isso bonito), na USP, de *bixos*.

dados, recursão, passagem de argumentos por valor e por referência, nada. Esse conhecimento foi cuidadosamente construído na disciplina MAC 110 – Introdução à Computação, que tive a oportunidade de fazer com Profa. [Yoshiko Wakabayashi](#), esse grande nome da Teoria dos Grafos do Brasil, que conduziu nosso aprendizado com zelo e atenção, partindo de pequenos exercícios semanais em papel, em uma linguagem genérica, todos corrigidos *individualmente*, passando à prática intensiva com a muito querida linguagem [Pascal](#)<sup>2</sup>. Eis que finalmente eu aprendia a programar!

Um incidente sobrevindo logo no primeiro *Exercício-Programa*<sup>3</sup> dá conta da extensão do alheamento resultante das imodestas concepções que eu trazia do colégio, e do quanto eu carecia desses ensinamentos. Era um exercício simples, que envolvia alguns cálculos com umas poucas variáveis, mas, na tentativa de exibir minhas “habilidades”, tive a ideia esdrúxula de codificar diversos valores em uma única variável, em blocos distintos da representação binária da mesma, o que me permitiria “economizar algumas variáveis”. Não somente minha nota frustrou minhas expectativas, como levei uma reprimenda do pobre monitor<sup>4</sup> por ter submetido um código incompreensivelmente complicado. Mas tudo tem sua utilidade: precocemente, aprendi aquele ensinamento vital que [Donald Knuth](#)<sup>5</sup> enuncia [dessa forma](#):

*Premature optimization is the root of all evil.*

Acrescentando sérias dificuldades no início de Cálculo Diferencial e Integral, terminei por tomar pé da extensão da entrega e do esforço que o exigente BCC demandava, e, reunindo forças, busquei me assenhorar de estratégias que me possibilitassem não somente prosperar no curso, mas também perseguir meu antigo ideal de cientista, nesse ambiente superlotado de novidades para minha visão de mundo do interior<sup>6</sup> Assim, no segundo semestre do curso, fui bater à porta de meu profes-

---

<sup>2</sup>MAC 122 – Princípio de Desenvolvimento de Algoritmos, do segundo semestre, foi igualmente memorável, por introduzir algoritmos e estruturas de dados fundamentais – isso não se aprendia em revistas. A disciplina esteve a cargo de Prof. [Carlos Eduardo Ferreira](#) que a fez em [Java](#), na época, um movimento ousado, e muito bem-sucedido: aprendemos orientação a objetos já nesse semestre.

<sup>3</sup>As disciplinas do BCC eram salpicadas de Exercícios-Programa, ou EPs, pequenos projetos práticos de implementação, que buscavam desenvolver um ou mais conceitos cruciais.

<sup>4</sup>Os EPs eram corrigidos não pelos docentes, mas por monitores que auxiliavam o docente. Farei na sequência alguns comentários sobre minha experiência nessa atividade.

<sup>5</sup>O mestre *Yoda* do [Vale do Silício](#) e da Computação em geral.

<sup>6</sup>Por influência de outro grande amigo de infância – esse se formou em História – tive a chance de conhecer um dos clássicos da literatura italiana, *Il Gattopardo*, de Tomasi di Lampedusa, que trata de um mundo em transformação na época do *Risorgimento*, através de uma narrativa centrada no príncipe siciliano Fabrizio Salina. Não li o livro, mas assisti ao [filme majestoso](#) de Luchino Visconti, muito eloquente na exposição da antiga Sicília aristocrática que bracejava na acomodação com um mundo diferente trazido à força pelas tropas de Garibaldi. Sempre fiz uma associação entre a sina de se viver uma vida em São Roque com a dos habitantes dessa Sicília, expressa em uma das falas do príncipe ao Cavaliere Chevalley: *Non nego che alcuni Siciliani trasportati fuori dall'isola possano riuscire a smagarsi: bisogna però farli partire quando sono molto, molto giovani: a vent'anni è già tardi; la crosta è già fatta....* Ou seja: *Não nego que alguns sicilianos transportados para fora da ilha consigam sair impunes: mas precisam partir quando são muito, muito jovens: aos vinte, já é tarde; a crosta já está feita...* É uma visão maldosa minha, mas

sor de MAC 122<sup>7</sup> querendo saber se poderíamos trabalhar em uma iniciação científica. Resposta afirmativa, mas começaríamos no ano seguinte – conviria que eu ainda construísse uma base mínima. Então, no início de 1998, iniciei minha primeira iniciação científica em um assunto que ignorava do que se tratava, como soía ser: *construção de árvores filogenéticas*. Concomitantemente, tornei-me monitor, contando agora com uma bolsa<sup>8</sup>, trabalhando com Profa. [Nami Kobayashi](#), futura orientadora de meu mestrado. Assim, passei a repartir o tempo entre estudos, ensino e pesquisa, o que me fez experimentar, mesmo que em um “nível júnior”, a polivalência intrínseca ao magistério superior.<sup>9</sup> Nesse semestre, eu começava a me enraizar na academia.

Vale registrar que esse estágio científico foi uma iniciação em sentido amplo. Aprendi um pouco sobre Teoria dos Grafos, área que se tornou uma de minhas paixões<sup>10</sup>, tomando contato com as propriedades mais fundamentais em um dos clássicos, o Bondy & Murty [2]. Entrei em contato com maneiras diferentes de pensar, ao passar algumas semanas visitando o [IGc – Instituto de Geociências](#) para discutir filogenias com um docente de lá, contato promovido por aquele mesmo colega que havia sido juiz do estranho concurso de *software*, e que agora estudava Geologia. Aprendi o que é um problema [NP-completo](#), estudando (leia-se: apropriando-me de conceitos para entender o enunciado) o [Problema da Filogenia Perfeita](#). Mas mais importante, *aprendi a escrever*. Tão importante, que ouseu dedicar um parágrafo a respeito.

Escrever com simplicidade e clareza é essencial em Ciência. Meu treino nessa habilidade começou já ao preparar uma minuta do projeto que desenvolveríamos, um rascunho de uma ou duas páginas, primeira tarefa que Carlinhos me atribuiu. Esse documento foi rejeitado de pronto, definitivamente não teve chances de prosperar, foi proibido de entrar na secretaria do departamento, como se representasse um mal terrível, e um Gandalf bradasse para o mesmo *you shall not pass*. Meu pecado foi ter

---

que se formou naturalmente diante de certos choques entre minha quietação e a velocidade frenética da capital. Para os leitores contemporâneos (2025 em diante), há uma [série recente](#) sobre o livro.

<sup>7</sup>O uso de apelidos para nomear os docentes era uma prática não somente comum entre os mesmos, mas que se estendia aos discentes. Não posso me furtar a usar essa prática neste texto. Ao escrever Prof. Carlos Eduardo Ferreira, etc., parece que estou falando de outras pessoas. Direi *Carlinhos*, etc.

<sup>8</sup>Após alguns meses de voluntariado, Carlinhos arranhou-me uma bolsa CNPq, que veio se concatenar à da monitoria. As bolsas de monitoria e as de iniciação científica que tive na graduação foram cruciais para complementar o apoio de minha mãe e não somente me segurar em tempo integral na universidade, como também facultar uma liberdade de espírito absolutamente necessária para acompanhar o curso. Futuramente, pude perceber que, no Brasil, esse é um privilégio bastante restrito.

<sup>9</sup>A monitoria foi uma atividade absorvente. A turma era grande, quarenta ou mais, e, além dos plantões, a correção demandava uma certa dedicação. Naquela época, os EPs eram submetidos em um saco plástico contendo a implementação em disquete 3 1/2 (a época do 5 1/4 já estava superada), acompanhada da listagem do código, feita em uma impressora matricial. O monitor *lia o código* e o corrigia diretamente na listagem, fazendo observações à caneta; executar, carregando o fonte do disquete, era só parte do processo. Paciência, atenção aos detalhes, capricho, preocupação com estilo foram habilidades cujo treino iniciei silenciosamente, inconscientemente nessa atividade. Futuramente, no doutorado mesmo, entendi que essas eram habilidades indispensáveis a uma certa abordagem à Ciência da Computação, na qual a preocupação com precisão, clareza e simplicidade são cruciais.

<sup>10</sup>Platônica, longe da pesquisa séria nessa área vasta como o céu e profunda como o oceano.

preparado o documento no único formato que eu imaginava existir além do texto puro: o .doc, intragável na editoração científica de alto nível, frente à qualidade tipográfica superior do  $\text{\LaTeX}$ . Foi assim que tomei contato<sup>11</sup> com  $\text{\LaTeX}$ , que fui levado a escrever em  $\text{\LaTeX}$  até a naturalidade, de forma que com o tempo, compreendi por completo a objurgação.<sup>12</sup> Esse foi o aspecto operacional; o técnico, consistiu no prazer de aprender e praticar *redação matemática* (uma arte). Tudo precisa ser definido e demonstrado, qualquer ambiguidade põe em risco o edifício, o supérfluo é um risco de desvio de atenção, objetos complexos devem ser decompostos e suas peças analisadas com cuidado. Não se lê Matemática como se lê um romance, já dizia [Elon Lages Lima](#), e a iniciação científica ensinou que também não se escreve dessa forma.

Finalmente, essa experiência culminou com uma apresentação na sétima edição do Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP (SIICUSP), minha primeira participação em um evento científico. Ao término de 1998, a academia era meu lar.

O ano de 1999 foi pródigo em novidades, nos mais diversos setores da Computação, de sistemas<sup>13</sup> a fundamentos. Duas disciplinas optativas<sup>14</sup> causaram-me uma forte impressão, não somente em razão do conteúdo, mas principalmente devido à vivência com os docentes [Yoshiharu Kohayakawa](#) (Matemática Concreta) e [Paulo Feofiloff](#) (Análise de Algoritmos). Certa vez, Carlinhos comentou que Feofiloff era seu modelo de professor, e eu estava curioso para ver isso de perto. Passei as primeiras aulas de Análise de Algoritmos na expectativa de justificativas espetaculares para essa opinião tão forte, aguardando uma espécie de teatralidade, ao passo que me deparava com aulas sumamente simples, diretas, claras e trabalhadas nos detalhes à perfeição<sup>15</sup>. Só bem mais tarde, no mestrado, ao cursar Teoria dos Grafos com Feofiloff, entendi que aí estava, precisamente, o grande mérito de sua prática docente. Sua

---

<sup>11</sup>O semestre de 1998.1 foi revelador em muitas frentes, e parte disso aconteceu na disciplina *Laboratório de Programação*, sob responsabilidade de Prof. Marcos Dimas Gubitoso, ou o muito querido por todos [Gubi](#), hoje falecido. Gubi era um excelente mentor quando se tratava de “sujar as mãos”, de “escovar os bits”. Essa disciplina de laboratório foi feita em **C** (de forma que em três semestres, aprendemos três linguagens), e nela nos aproximamos dos subterrâneos da máquina. Também foi a ocasião de nosso primeiro contato com **Linux**, que Gubi promoveu de forma quase festiva. Naquela época, o caminho mais viável de se obter uma distribuição Linux era adquirir um CD de instalação. Gubi organizou uma compra coletiva no exterior, na hoje extinta *Cheap Bytes*, selecionando a distribuição **Debian**, que por muito tempo foi nossa preferida. Foi uma alegria imensa receber aqueles discos e instalar o Linux em nossos computadores, em *dual boot*. Desse dia em diante, o *outro sistema operacional* passou a mero figurante. Um dos méritos do curso foi nos fazer sentir em casa em Linux.

<sup>12</sup>Este documento foi preparado, evidentemente, em  $\text{\LaTeX}$ . As figuras foram preparadas com o pacote **Vaucanson-G** de Sylvain Lombardy e Jacques Sakarovitch.

<sup>13</sup>Em particular, Sistemas Operacionais, em uma abordagem muito prática no SO didático **Nachos**, conduzida por Prof. [Markus Endler](#). O assunto está fora de minha esfera de reflexões, mas acabei apreciando muito essa disciplina, e surpreendentemente tive um bom resultado. Exemplo do que um bom docente pode fazer. Nessa época também fui monitor de Estruturas de Dados sob regência de Prof. [Ernesto Birgin](#), o que foi um ótimo e bastante trabalhoso estágio, útil para fixar alguns conceitos.

<sup>14</sup>*Algoritmos em Grafos* com Prof. [José Coelho de Pina](#) também foi um grande momento.

<sup>15</sup>Não posso evitar uma associação com o estilo do violinista (russo, como Feofiloff) [Jascha Heifetz](#). Suas aulas eram para mim como [este vídeo](#). Até hoje Feofiloff é uma inspiração para mim.

[página](#), fonte à qual sempre retorno, é rica em notas de aula que, mais do que ensinar, recordam-nos que a *simplicidade* é condição *sine qua non* para que arquiteturas complexas como o é qualquer *software* possam ser construídas, compreendidas, manipuladas, além de funcionarem. É uma abordagem que se confunde com as raízes e características da Ciência da Computação, enfatizada por nomes como Dijkstra (um colóquio organizado em sua homenagem recebeu o nome sugestivo de [In Pursuit of Simplicity](#)) e Hoare, que em sua [1980 ACM Turing Award Lecture](#) [24] nos explica:

*The price of reliability is the pursuit of the utmost simplicity.*

Sobre Yoshi, eu começaria comentando o privilégio de ter estudado com alguém agraciado com um prêmio informal, uma anedota interna criada no seio da comunidade da Combinatória, mas que ao mesmo tempo, é um prêmio para poucos<sup>16</sup>: o [número de Erdős](#) de Yoshi é 1 (é o único na América Latina que publicou com [Erdős](#)). Mas, excetuando-se o lado anedótico, a experiência marcante consistiu em poder admirar, mais do que conseguir acompanhar, o ritmo intenso de aulas de uma grande mente, que ao longo do semestre fez passar uma fileira de assuntos não triviais como se *maratonássemos* os episódios de uma série, tópicos avançados de Análise de Algoritmos, como funções geradoras, além de uma boa dose de Probabilidade.

Em meio às tratativas com esses conteúdos críticos, refletia se abraçaria de vez as linhas da iniciação científica recém-concluída, especializando-me talvez em Teoria dos Grafos, ou otimização, aproveitando a força do [grupo de São Paulo](#) e a forte exposição à época da área de Biologia Computacional.<sup>17</sup> Todavia, longos passeios nos corredores internos da maravilhosa [Biblioteca Carlos Benjamin de Lyra](#), folheando alfarrábios de tempos imemoriais e remoendo a antiga curiosidade sobre o âmago do funcionamento do fenômeno *Computação*, produziram em meu espírito uma invencível imanação a tudo que se referia ao estudo de *máquinas formais*, sustentáculo da área inteira. Esse encantamento incluiu incursões pela história grandiosa desse corpo de conhecimentos, o *annus mirabilis* de 1936, quando Turing apresentou seu *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem* [48], o extraordinário arcabouço para a classificação de problemas segundo sua dificuldade engendrado por Stearns e Hartmanis em 1965 [22], dando origem à área da [Complexidade Computacional](#), e não menos importante, os esforços para a consolidação da Teoria da Computação no Brasil, que encontram um de seus marcos no volume *Aspectos Teóricos da Computação*, colaboração de cinco pioneiros: Cláudio Lucchesi, Imre Simon<sup>18</sup>, Istvan Simon, Janos Simon e Tomasz Kowaltowski [29].

<sup>16</sup>Ou [muitos](#).

<sup>17</sup>Era a época do sequenciamento do genoma do *Amarelinho*, uma [conquista da ciência brasileira](#), e muita gente da Computação estava direcionando seus esforços para a Biologia Computacional.

<sup>18</sup>Imre Simon é professor emérito (título póstumo) da USP. A [página dedicada a esse título](#) traz muita história sobre a consolidação da Teoria da Computação no Brasil. Digno de nota é a criação da con-

A essência, enfim, revelada. Os computadores são máquinas de Turing (universais), dispositivo formal extraordinariamente simples mas que captura o funcionamento de todos os dispositivos reais construídos até a presente data – reforçando a chamada [Tese de Church–Turing](#). Os limites dos computadores são portanto os das máquinas de Turing, e Turing, já em 1936, demonstrou que há problemas *indecidíveis*, inaugurando a área da [Computabilidade](#). O mesmo resultado, mas utilizando um formalismo diferente, o *lambda cálculo*, foi descoberto simultaneamente por [Alonzo Church](#). Mas há uma peculiaridade preciosa no trabalho de Turing, que foi a definição de um ente matemático acessível, que qualquer um visualiza como um dispositivo muito rudimentar<sup>19</sup>, e é tomado de espanto ao se deparar com a afirmação de que *computadores, incluindo seu telefone de última geração, no fundo, são isso aí*.<sup>20</sup>

Em meio a essas leituras, naturalmente deparei-me com a vasta e ancestral área da [Teoria dos Autômatos](#) – que se tornou minha área de pesquisa.

*In a nutshell*, o estudo dos autômatos finitos originou-se na década de 1950 em contextos tão diversos quanto redes de neurônios<sup>21</sup>, circuitos de chaveamento e análise sintática da linguagem natural. Como uma máquina de Turing, um autômato é composto por um conjunto finito de *estados* e de um outro de *transições* entre esses estados, rotuladas por símbolos ou *letras* de um *alfabeto*. Mas um autômato é mais restrito, no sentido de que “lê” palavras sequencialmente, da esquerda para a direita<sup>22</sup> sem nenhuma outra ação que a de meramente mudar de estado a cada letra lida, e passar para a próxima; dependendo do estado ao final da leitura, aceita ou rejeita a palavra. Um autômato *reconhece* um conjunto de palavras, ou *linguagem*, e a família das linguagens representáveis por um autômato – linguagens reconhecíveis, ou regulares, ou racionais<sup>23</sup> – é o nível mais elementar da [Hierarquia de Chomsky](#). Um

---

ferência [LATIN](#) – Latin American Theoretical Informatics, que se fixou no circuito mundial desde sua edição em 1992 em São Paulo, tendo sido concebida por uma força tarefa amealhada pelo Imre. Tentei entrar no LATIN uma vez e meu artigo não foi aceito, até o final de minha carreira, hei de conseguir.

<sup>19</sup>Há mesmo quem tenha contruído [modelos físicos](#) de máquinas de Turing.

<sup>20</sup>O mais impressionante é que os resultados de Turing e Church precedem a construção de qualquer computador eletrônico. Como diz Dijkstra em um famoso epigrama: *Computer science is no more about computers than astronomy is about telescopes*. Os livros de [Martin Davis](#) apresentam um panorama detalhado dessa epopéia (que ele mesmo, como grande nome da Lógica, ajudou a construir).

<sup>21</sup>Área onde se inscreve a definição primitiva de sistemas de estados finitos de McCulloch e Pitts [31], posteriormente retrabalhada por Kleene [27].

<sup>22</sup>Ou da direita para a esquerda – funciona também, sem alteração do *poder computacional*.

<sup>23</sup>A ploriferação de nomes é mais do que uma preferência nacional. *Reconhecível* recorda o fato de que essas linguagens são imagens inversas por um morfismo sobre um monóide finito. *Regulares*, nome mais comum nos Estados Unidos, é um empréstimo das *expressões regulares*, que, no caso de monóides livres, realizam a mesma família de linguagens – [Teorema de Kleene](#). *Racional* se refere aos conjuntos, de um monóide qualquer, que podem ser construídos por intermédio das chamadas operações racionais, que, no caso dos monóides livres, coincidem com as expressões regulares. Jean Berstel nos explica [1] que Samuel Eilenberg teve a ideia de definir, para um monóide qualquer, duas

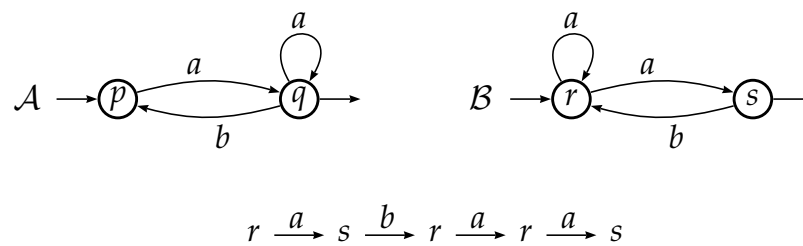


Figura 2.1: Dois autômatos equivalentes sobre o alfabeto  $A = \{a, b\}$  que reconhecem a linguagem  $L = (a + ab)^*a$ , um determinístico ( $\mathcal{A}$ ) e um não-determinístico ( $\mathcal{B}$ ). Todos os conceitos e notações utilizados neste documento seguem o livro de Jacques Sakarovitch [42]. Abaixo dos autômatos, um *passeio bem-sucedido* no autômato não-determinístico  $\mathcal{B}$  rotulado pela palavra *abaa* (que, portanto, pertence a  $L$ ). Embora  $\mathcal{B}$  seja não-determinístico, ele é não-ambíguo: para toda palavra  $w \in A^*$ , não há em  $\mathcal{B}$  dois ou mais passeios bem-sucedidos distintos rotulados por  $w$ .

exemplo está ilustrado na Figura 2.1, que mostra dois autômatos equivalentes, um determinístico e outro não<sup>24</sup> sobre o *monóide livre*  $A^*$ . O termo *monóide livre* será usado sem maiores explicações daqui por diante; para nossos propósitos, isso é só um nome diferente para o conjunto de todas as palavras sobre o alfabeto  $A$ , incluindo a *palavra vazia*, que vamos denotar por  $1$  ( $\epsilon$  em muitos livros), com a operação de concatenação.

Autômatos são objetos tão essenciais quanto os grafos ou os espaços topológicos, por representarem a noção de *computação* em sua forma mais elementar. Ao mesmo tempo, são objetos ricos em propriedades extraordinárias e problemas desafiadores, de forma que a Teoria dos Autômatos firmou-se desde as origens da Ciência da Computação como um dos pilares da área, estabeleceu conexões frutíferas com outros ramos da Matemática, e fundamenta algoritmos que proliferam na indústria do *software*.<sup>25</sup> Como [Christian Choffrut](#) nos conta em um [depoimento](#) sobre Imre Simon:

*Imre explained his vision of theoretical computer science when he was awarded the UAP prize in 1989. He said that he was working on algorithms and that finite automata were simple enough to be the object of a meaningful theory and powerful enough to express deep properties.*

Nas férias de 1999 para 2000, emprestei da biblioteca um livro texto bastante popular nos cursos de graduação, de autoria de Prof. Paulo Blauth Menezes da

famílias de subconjuntos, os reconhecíveis e os racionais, cada uma com seu arcabouço teórico. Nos monóides livres, essas classes coincidem, é o que nos diz o já mencionado Teorema de Kleene. O livro de Berstel é uma fonte aberta sobre os conceitos mencionados neste rodapé.

<sup>24</sup>Como é bem sabido desde o artigo fundamental de 1959 de Rabin e Scott [39], todo autômato não-determinístico pode ser convertido via a folclórica construção dos subconjuntos em um determinístico equivalente. Como discutido adiante, determinismo é um dos tópicos que explorei em minha pesquisa.

<sup>25</sup>O [Handbook of Automata Theory](#) editado por Jean-Éric Pin traz um panorama recente sobre teoria e aplicações.

UFRGS [32], levei o volume para São Roque, e em longas caminhadas, tentei resolver exercícios. Ao mesmo tempo, bati à porta de Profa. Nami Kobayashi, que descobri ser da área, perguntando se poderíamos trabalhar com iniciação científica. Foi um movimento inusitado, porque Teoria dos Autômatos *teórica, arte pela arte*, já naquela época, não somente não era uma área popular no Brasil, como também carregava uma certa nódoa de arcaísmo; ninguém imaginaria alguma utilidade em se pesquisar nessa área supostamente vetusta. Mas *quem irá dizer que existe razão nas coisas feitas pelo coração*.

Assim iniciou meu primeiro contato com a área, com os fundamentos da área, e com as maneiras de estudar, perscrutar e escrever na área. A escolha do tema para essa segunda iniciação científica não pôde ser mais feliz, pois o mesmo se conectava com uma das frentes de estudo do Imre. Explico com uma breve digressão histórica.

Nami foi aluna de mestrado e doutorado do Imre, que como já mencionado, teve uma atuação pioneira no desenvolvimento da Computação no Brasil. Mas há mais nessa história: Imre foi um dos expoentes da Teoria dos Autômatos em âmbito mundial; um dos grandes tributários à faceta *algébrica* da área, cujos resultados chamaram a atenção de nomes como Schützenberger<sup>26</sup> e Samuel Eilenberg<sup>27</sup>. Em particular, há uma estrutura algébrica que emergiu dos trabalhos do Imre, um *semi-anel* sobre os naturais equipado com as operações de mínimo (para soma) e soma (para produto), que se mostrou muito prolífica na área, e passou a ser conhecida como *semi-anel tropical* em sua homenagem [38]. Mesmo amalhando todas as licenças que outorgo a mim mesmo na escrita deste texto, frente à paciência do leitor, o espaço aqui seria bem pequeno para comentar sobre essas contribuições. Limito-me a fazer menção aos belos depoimentos que ornamentaram a concessão póstuma do título de professor emérito ao Imre, e que podem ser consultados em uma [página](#) mantida por Yoshiharu Kohayakawa (o mesmo documento de onde tirei o comentário de Choffrut, mais acima). Em se tratando dos resultados importantes na Teoria dos Autômatos, o depoimento de Prof. [Arnaldo Mandel](#) faz um panorama acessível.

O tema que selecionamos tem a ver com resultados do Imre no cruzamento entre teoria e prática, apresentados em um belo artigo [47], que se conectam com um algoritmo clássico e não-trivial para o problema da busca de padrões em texto, o cha-

<sup>26</sup>[Marcel-Paul Schützenberger](#), personalidade multifacetada, figura expressiva no meio científico francês no século XX, foi influente em linhas diversas da Combinatória e da Álgebra, e também trouxe contribuições relevantes à Teoria dos Autômatos, na qual trabalhou por cerca de três décadas. “Marco”, como era chamado, pode ser visto como a raiz da pujante *escola francesa* de Teoria dos Autômatos, que seus descendentes científicos conduzem até a atualidade. Por convite do Imre, Schützenberger e diversos outros nomes da França visitaram São Paulo.

<sup>27</sup>[Samuel Eilenberg](#) foi um dos principais membros da prolífica escola polonesa de Topologia da primeira metade do século XX, e um dos criadores da Teoria das Categorias. No final de sua vida, interessou-se em sistematizar e dar um tratamento rigoroso aos fundamentos da Teoria dos Autômatos, que abordou com seu estilo extraordinariamente preciso e econômico, resultando no *tratado* (não concluído) *Automata, Languages and Machines*, composto pelos volumes [A](#) e [B](#). Os resultados da tese de doutorado do Imre são tratados no volume [B](#).

mado *Knuth–Morris–Pratt* ou *KMP* [28]. Buscar ocorrências de um padrão  $p$  (palavra curta) em um texto  $t$  (longa), ambos sobre um alfabeto  $A$ , utilizando um autômato, é um exercício folclórico; a Figura 2.2 ilustra um exemplo de um autômato de busca. A busca de  $p$  com esse autômato consiste em meramente soletrar o texto em  $\mathcal{A}$ . Por outro lado, o tamanho de  $\mathcal{A}$ , e portanto sua construção, dependem do tamanho do alfabeto:  $\mathcal{O}(|A||p|)$ . Uma desvantagem significativa com relação ao KMP, cuja complexidade é linear nos comprimentos de  $p$  e  $t$  e independe do tamanho do alfabeto:  $\mathcal{O}(|p| + |t|)$ . Imre Simon percebeu que certas transições de  $\mathcal{A}$  podem ser desprezadas sem prejuízo para a busca (na Figura 2.2, as transições tracejadas), e demonstrou que o número de transições essenciais independe do tamanho do alfabeto. Foi além, mostrou que é possível construir o autômato, sem as transições triviais, em complexidade linear em  $|p|$ , que é possível executá-lo em  $t$  em complexidade linear em  $|t|$ , e que o número de comparações realizadas não ultrapassa as feitas pelo KMP – *em alguns casos, é menor*. A Figura 2.2 também ilustra uma situação em que o KMP faz uma tentativa de casamento supérflua que o autômato de busca não faz.

Em nosso projeto, na qual contamos com uma bolsa FAPESP<sup>28</sup>, essencialmente propusemos um exercício de estudar minuciosamente um mínimo de propriedades de alguns algoritmos clássicos para busca de padrões – além do KMP e da construção de Simon, o Morris–Pratt (do qual o KMP deriva) e o Boyer–Moore – permitindo descrevê-los, implementá-los e demonstrar corretude e complexidade. Subjacente a esse estudo, buscamos relacioná-los com o autômato de busca, e também buscamos apresentá-los de forma unificada, em um formalismo comum, permitindo relacionar as funções falha dos quatro algoritmos (essa foi a novidade de nosso estudo).

Essa segunda iniciação científica, que percorreu o ano de 2000, último da graduação, serviu, além de um primeiro contato com a Teoria dos Autômatos, como influência decisiva na escolha de uma área de especialização. Vida acadêmica, e portanto pós-graduação, eram finalmente decisões sacramentadas.<sup>29</sup> O único infortúnio resultante dessa escolha de vida foi a inauguração de um longo período de distanciamento absoluto da programação, uma espécie de medievo, durante o qual me condenei a um angustiante atraso tecnológico, que por anos praticamente me incapacitou de falar sobre Computação com os colegas de curso com quem mantive amizade e que foram para a indústria. Esse era um estado de coisas que me criava frequentemente situações vexatórias, e me fazia questionar minha trajetória e minhas escolhas de vida. Não é possível ter tudo. Meus últimos cometimentos nessa atividade, ao me-

<sup>28</sup>Dados do projeto [neste link](#).

<sup>29</sup>Decisão tomada desde a infância, de certa forma. Os termos *mestrado* e *doutorado*, cujo significado eu ignorava, mas sabia que tinha a ver com cientistas, representavam para mim etapas obrigatórias, pelas quais toda pessoa decente deveria passar, em pé de igualdade com a conclusão do ensino médio, no que era uma visão bastante tacanha e ensimesmada. Na verdade, *mestrado* soava mais bonito, e eu não fazia tanta questão de ser doutor, mas queria ser *mestre*.

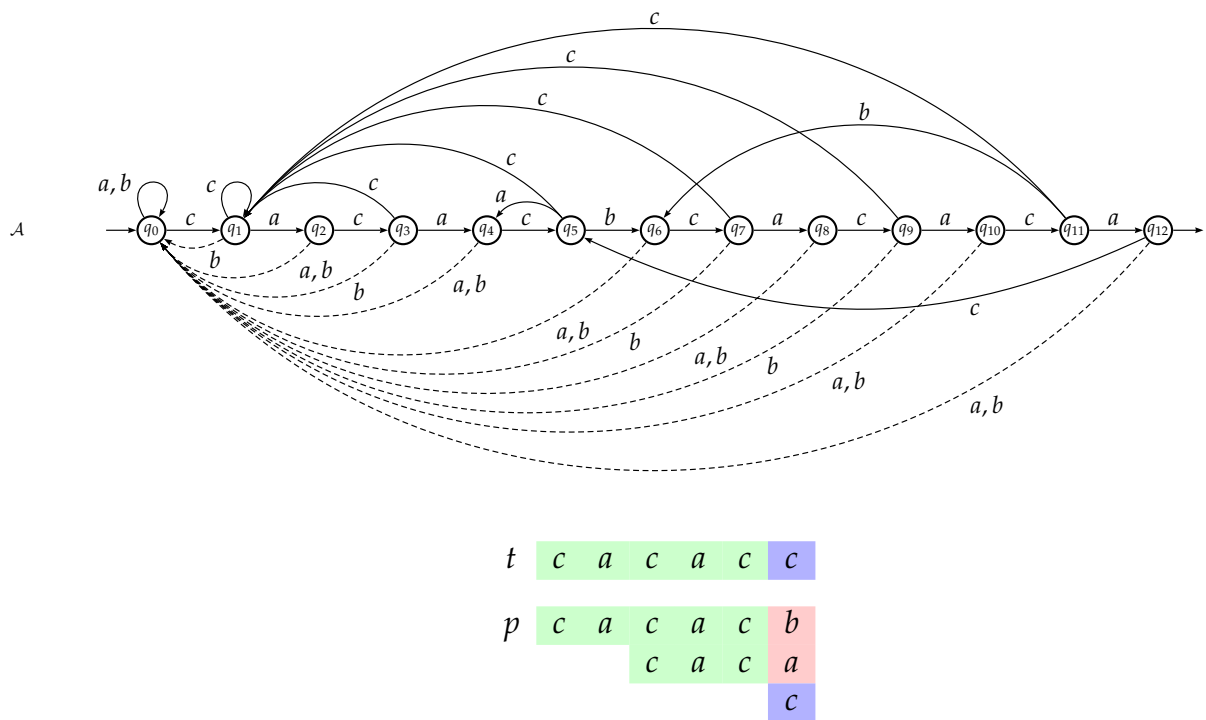


Figura 2.2: O autômato de busca  $\mathcal{A}$  construído sobre o padrão  $p = cacacbcacaca$ , e uma ilustração da função falha do KMP ao se tentar casar o padrão com um texto que começa com  $cacacc$ . O autômato reconhece a linguagem  $A^*p$ , ou seja: todas as palavras sobre o alfabeto  $A = \{a, b, c\}$  das quais  $p$  é um sufixo. Portanto, ao soletrar  $\mathcal{A}$  em um texto qualquer, uma ocorrência de  $p$  é encontrada sempre que o estado final  $q_{12}$  for atingido. As transições tracejadas são as transições triviais que Simon define em [47], e podem ser descartadas quando da construção/armazenamento do autômato; as demais transições, que são suficientes para a busca, constituem uma estrutura cujo tamanho é independente do tamanho do alfabeto. Neste exemplo, a tentativa de casamento de  $caca$  com o texto, que é feita pelo KMP, é evitada na busca com o autômato, porque ao se soletrar  $cacacc$ , atinge-se diretamente o estado  $q_1$  (que representa a tentativa de casamento do prefixo  $c$ ).

---

nos os mais orgânicos, foram um compilador que desenvolvemos em 2000 com Prof. [Alair Pereira do Lago](#) e algumas implementações feitas na iniciação científica. Talvez a história tivesse sido outra se eu tivesse vencido as *maratonas de programação* da USP das quais participei em 1998 e 1999 (fazendo dupla com um grande amigo, que hoje é cientista da EMBRAPA), esforço coordenado pelo Carlinhos, uma novidade na época, que se consolidou como um extraordinário instrumento de formação de talentos. Não fizemos tão feio, mas não vencemos, então o destino estava traçado. Somente muito recentemente retomei essa atividade primordial, raiz de minha formação, que nunca deixei de venerar. É o que conto no Epílogo deste memorial.

Fiel à irremediável concepção sacerdotal da carreira científica, elaborei, nesse último ano do século XX, estratégias agressivas para começar bem o mestrado no XXI, também no IME-USP. Aproveitando um mecanismo institucional de antecipação de disciplinas de pós-graduação, matriculei-me em três, *Introdução a Algoritmos e Arquiteturas Paralelas*, *Introdução à Teoria da Complexidade de Algoritmos* e *Otimização Combinatória*. Também em 2000 organizei um abaixo-assinado no departamento para que uma disciplina optativa de baixo ou nenhum apelo, *Algoritmos e Complexidade de Computação*, fosse oferecida (após muitos anos), pedindo a Arnaldo Mandel que fosse o docente, e resolvi colocar um pé no Departamento de Matemática, matriculando-me na optativa *Teoria dos Conjuntos*, atividade extra, porque eu já havia completado os créditos de disciplinas (uma tia minha diria aqui: *segura esse faniquito*). E, repetindo a experiência dolorosa do colégio, encetei um novo flerte com a gestão, ao fazer parte da comissão de formatura do IME como representante do BCC – evento bem-sucedido, mas quase um milagre, em razão de uma série de percalços aparentemente insolúveis que nos assaltaram ao longo do ano. Essa intensidade, contraproducente, hoje enxergo bem, longe de me trazer algum mérito imaginário, deixou-me exaurido ao término da graduação, mas me garantiu um bônus: colocou-me em ótima posição na fila de bolsas, e pude iniciar o mestrado como bolsista CNPq.

Nami Kobayashi aceitou me orientar, dando continuidade à parceria que já havíamos iniciado. Na definição do tema, partimos logo para uma ousadia que o Imre, consultado, aconselhou reconsiderar: o estudo do problema da decidibilidade da *altura da estrela*, em particular o monumental <sup>30</sup> artigo de Hashiguchi [23]. Deixando a altura das estrelas para retornar ao chão, passamos à abordagem mais concreta de examinar aplicações da Teoria dos Autômatos que estavam em voga. Chamou nossa atenção uma série de publicações de [Mehryar Mohri](#) explorando aplicações de

<sup>30</sup>Como diz [Dominique Perrin](#): *the proof is very difficult to understand and a lot remains to be done to make it a tutorial presentation* [37]. Esse resultado foi retrabalhado posteriormente por outros autores, com novas abordagens. Hoje vejo que isso acontece com *landmarks*, que geralmente são complicados.

um belo corpo teórico em torno de um formalismo que era novidade para mim, os *transdutores*, em processamento de linguagem natural (especialmente, reconhecimento de fala) [33]. Um estudo sobre os transdutores acabou sendo nosso tema de eleição, e a história disso, bem como de tudo o que fizemos no mestrado, é o que conto no restante deste capítulo. Advirto ao leitor que esta récita exigirá alguns parágrafos um pouco mais técnicos, mas o leitor me desculpará porque, em meu lugar, faria o mesmo: resultados de anos de luta são entes muito queridos que mostramos como retratos. Nossa dissertação [8] pode ser [encontrada](#) na Biblioteca Digital da USP.

Um *transdutor*<sup>31</sup> é uma extensão do modelo de autômato, no qual as transições são rotuladas por um par de palavras, uma dita *de entrada* e outra *de saída*. Ao invés de reconhecer linguagens, os transdutores realizam relações entre monóides livres  $A^*$  e  $B^*$ ; essas relações são precisamente as *relações racionais* de  $A^*$  a  $B^*$ . A Figura 2.3 ilustra quatro transdutores e é mais eloquente do que mil palavras.

Eilenberg chama o universo de estudo dos transdutores de uma das pedras angulares da Teoria dos Autômatos.<sup>32</sup> Um assunto tão fundamental, servindo de substrato para aplicações recentes e para uma profusão de algoritmos não-triviais, pareceu-nos ouro. Movido pela curiosidade, debrucei-me sobre os trabalhos de Mohri, estudo que me descortinou não somente um novo mundo de resultados fascinantes, como também muito trabalho por fazer. Isso se tornou particularmente evidente quando tomei contato com os esforços para o desenvolvimento de algoritmos eficientes para a *minimização de transdutores sequenciais*, o que comento brevemente a seguir.

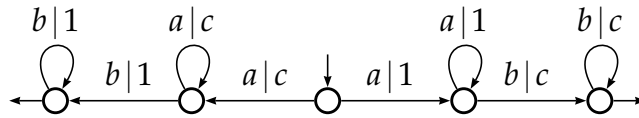
Em diversos aspectos, relações racionais são objetos muito mais intrincados do que as linguagens reconhecíveis.<sup>33</sup> Em se tratando do fenômeno do determinismo, sabe-se há muito tempo que, contrariamente aos autômatos sobre um monóide livre, nem todo transdutor *funcional* (ou seja, que realiza uma função) pode ser determinizado. A caracterização das funções racionais que podem ser realizadas por um *transdutor sequencial*, ou seja, determinístico na entrada – são as chamadas *funções sequenciais*<sup>34</sup> – é um resultado profundo, obtido por Choffrut em 1979 [5], em uma demonstração elaborada, de sabor combinatório e mesmo levemente topológico. Decorre da caracterização de Choffrut um algoritmo para decidir se um transdutor realiza uma função sequencial, mas, fenômeno comum à época (estamos na década de 1970), um algoritmo de complexidade exponencial. Retornando aos anos 2000,

<sup>31</sup>Novamente, fazemos referência ao livro de Jacques Sakarovitch para detalhes sobre conceitos e definições básicos. [42]

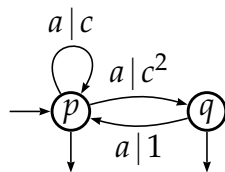
<sup>32</sup>Fato curioso, alguns dos primeiros “modelos” de máquinas propostos na literatura, na década de 1950, eram transdutores restritos (máquinas de Mealy e de Moore).

<sup>33</sup>Por exemplo, a equivalência não é decidível para relações racionais [20].

<sup>34</sup>A fim de evitar qualquer possível confusão, vale dizer que o que se chama aqui de *sequencial* é o que se chamava à época e até recentemente de *subsequencial*, termo que aos poucos vai sendo abandonado.

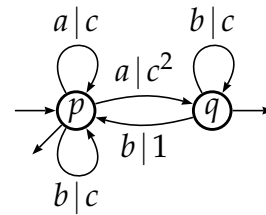


(a) Um transdutor 2-valorado cujo autômato de entrada é 2-ambíguo. Esse transdutor realiza a relação  $\forall i, j > 0, a^i b^j \mapsto \{c^i, c^j\}$



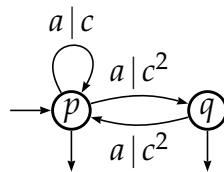
(b) Um transdutor 2-valorado cujo autômato de entrada não é de ambiguidade limitada. Ele realiza a relação

$$\forall n \geq 0 \quad a^n \mapsto \begin{cases} \{1\} & n = 0 \\ \{c^n, c^{n+1}\} & n > 0 \end{cases}$$



(c) Outro transdutor 2-valorado cujo autômato de entrada não é de ambiguidade limitada. Ele realiza a relação

$$\forall u \in A^* \quad u \mapsto \begin{cases} \{c^{|u|}\} & u \in b^* \\ \{c^{|u|}, c^{|u|+1}\} & u \in A^* a A^* \\ \emptyset & \text{senão} \end{cases}$$



(d) Um transdutor que não é de valoração limitada (não é  $k$ -valorado para nenhum  $k$ ). A relação realizada é  $\forall n \geq 0, a^n \mapsto \{a^i \mid n \leq i \leq 2n\}$ .

Figura 2.3: Quatro transdutores sobre  $A^* \times B^*$  onde  $A = \{a, b\}$ ,  $B = \{c\}$ . A figura também ilustra os conceitos de *valoração* (limitante para a quantidade de palavras dos conjuntos de saída) e *ambiguidade* (limitante para o número de passeios bem-sucedidos para uma dada entrada).

Mohri propôs um novo algoritmo, agora, de complexidade polinomial, que em seu motor faz inevitavelmente uso das propriedades estudadas por Choffrut [34]. Mas o algoritmo tinha um *bug*! <sup>35</sup> Essa dificuldade foi observada por Choffrut em 2003 [6], que no ensejo recuperou e explicitou a trajetória histórica do assunto, enraizada em seus resultados de 1979 (oriundos de sua tese de doutorado). Ao mesmo tempo, um algoritmo correto <sup>36</sup> foi publicado por Marie-Pierre Béal e Olivier Carton [3].

Estava aí um belo *pano pra manga*, que acabou se constituindo em uma das linhas de investigação do mestrado. Exploramos em nossa dissertação a minimização tanto do ponto de vista algorítmico (descrevemos detalhadamente a construção de Béal e Carton), mas, principalmente, do algébrico. Nosso esforço consistiu na elaboração de uma teoria de minimização para funções racionais  $A^* \rightarrow M$  onde  $M$  pertence a uma família de monóides que batizamos de *monóides com mdc*, e que engloba os monóides livres e outros mais. A inspiração veio das já mencionadas aplicações em Processamento de Linguagem Natural, nas quais diversos monóides de saída são considerados (em particular, aqueles cujo suporte é um conjunto numérico, como os números reais). No entanto, a teoria de minimização é essencialmente a mesma para todas essas funções: o papel dos monóides com mdc é abstrair propriedades essenciais para a definição do *transdutor sequencial minimal*, objeto que construímos a partir da função por meios puramente sintáticos. As propriedades associadas a essa construção podem ser resumidas nos teoremas 1 e 2 enunciados a seguir. O estranho símbolo  $\sim_f$  é a *congruência sintática à direita* da função  $f$ , conceito que generaliza o de congruência sintática de uma linguagem, que, por sua vez, permite uma caracterização algébrica das linguagens reconhecíveis através da finitude do conjunto quociente – [Teorema de Myhill-Nerode](#), um dos resultados mais antigos da Teoria dos Autômatos, do qual nossa caracterização das funções sequenciais é uma generalização.

**Teorema 1:** *Uma função  $f : A^* \rightarrow M$ , onde  $M$  é um monóide cancelativo com mdc único, é sequencial se, e somente se, o quociente  $A^*/\sim_f$  for finito.*

**Teorema 2:** *O transdutor canônico  $\mathcal{T}_f$  associado ao quociente  $A^*/\sim_f$  é único a menos de isomorfismo, e todo transdutor na forma prefixo que realiza  $f$  se projeta em  $\mathcal{T}_f$  via um morfismo de transdutores.*

Apresentei esses resultados em um evento muitos anos depois (foi uma espécie de

---

<sup>35</sup>Não resisti, mas faço um pedido de desculpas ao leitor, diante da famosa advertência de Dijkstra: *We could, for instance, begin with cleaning up our language by no longer calling a bug a bug but by calling it an error. It is much more honest because it squarely puts the blame where it belongs, viz. with the programmer who made the error. The animistic metaphor of the bug that maliciously sneaked in while the programmer was not looking is intellectually dishonest as it disguises that the error is the programmer's own creation.* [18]

<sup>36</sup>Mais precisamente, da etapa problemática, que consiste na chamada construção do *prefixo de um autômato*. Obtendo-se a forma prefixo do autômato de entrada do transdutor, resta minimizá-lo com qualquer algoritmo para minimização de autômatos – como o belo algoritmo clássico de Hopcroft, que minimiza um autômato com  $n$  estados em complexidade  $\mathcal{O}(n \lg n)$ .

*opus posthumous*). O [Congresso da Sociedade Brasileira de Computação de 2016](#) teve uma grata novidade: a organização do primeiro *Encontro de Teoria da Computação*. Não tinha nada pronto nessa época, então submeti nosso estudo da minimização [13]. Foi um prazer presenciar esse esforço tão importante da comunidade da Teoria.

Mas o carro-chefe desses três anos de imersão<sup>37</sup> estava por vir, e surgiu de uma curiosidade nossa, nas reuniões semanais de orientação em que passávamos duas, três ou mais horas debruçados sobre esses assuntos. Já que estávamos estudando funções racionais, seria natural supor que um transdutor que realiza uma relação onde a *imagem de toda palavra é um conjunto de no máximo k palavras*, para um inteiro fixo  $k$ , poderia ser transformado em uma união de  $k$  transdutores funcionais. Esses são os chamados *transdutores (ou relações) k-valorados* na literatura, como descobrimos depois (é o que ilustramos na Figura 2.3). Tateando com alguns exemplos, logo ficou claro que a resposta não era simples, e isso nos chamou a atenção, como chamaria qualquer problema com um enunciado quase natural mas resistente aos primeiros ataques. Resolvi então escrever para pessoas envolvidas no assunto, primeiro para [Oscar Ibarra](#), que respondeu que há um bom tempo não estava mais lidando com essa área, e depois para [Jacques Sakarovitch](#), meu futuro orientador de doutorado. Jacques respondeu de forma muito solícita, observando que o problema era antigo: Schützenberger o considerou em 1976 [45], mas sua demonstração tinha uma falha crítica, de forma que a questão permaneceu em aberto até 1992, quando Andreas Weber apresentou uma resposta positiva precisamente na primeira edição do LATIN [50].<sup>38</sup>

**Teorema 3** (Weber 1992): *Seja  $k$  um inteiro positivo. Toda relação racional  $k$ -valorada  $\tau : \Sigma^* \rightarrow \Gamma^*$  pode ser decomposta numa união*

$$\tau = f_1 \cup \dots \cup f_k,$$

*onde cada  $f_i$  é uma função racional.*

Weber publicou em 1996 uma versão detalhada da prova [52]. Por outro lado, a demonstração de Weber é longa, intrincada, densa e difícil de seguir, envolvendo construções complicadas com transdutores. Como Jacques nos disse, a história estava longe de terminar. *A história só termina quando tivermos compreensão total dos objetos envolvidos, de suas propriedades, de forma que, no fundo, a história nunca termina.*

Não levou muito tempo para esse problema se tornar o centro de nossas atenções. A feliz coincidência foi que eu me sentia invencível na época do mestrado; nunca estive imbuído de tanto empenho para realizar uma tarefa. Então, lancei-me a

<sup>37</sup>Meu mestrado durou do início de 2001 até meados de 2004, uma incomum extrapolação, considerando que os mestrados duravam no máximo dois anos.

<sup>38</sup>Poderíamos adicionar o termo *efetivamente* ao enunciado, porque, embora o mesmo fale em relações racionais, o que está sendo tratado concretamente são transdutores que realizam essas relações, e a demonstração consiste em construções com transdutores.

um ataque feroz ao problema, com a artilharia que vínhamos empregando em nossa pesquisa, ou seja: coloquei como objetivo obter uma nova prova com um viés mais algébrico, sintático, combinatório, contrariamente à abordagem brutalmente estrutural de Weber. Decisão perigosa, como são perigosas as decisões que tomamos durante um mestrado ou doutorado, pois, se passamos alguns meses em um beco sem saída, isso pode prejudicar duramente a conclusão do trabalho. Mas resolvemos atacar o problema, e o método que conheço para isso, que vem desde Isaac Newton, consiste em se observar pacientemente o problema, descortinar suas propriedades, sobretudo fazer exemplos, exemplos são muito eloquentes, e, como que espreitando o problema de uma moita, aguardar até que ele revele um ponto de fraqueza, e nesse momento, atacar! Como sou lento – isso é um fato, que aprendi a reconhecer com o tempo – esse tipo de tarefa, para meu espírito, demanda uma dedicação e um foco absolutos, o que equivale a passar dias e dias concentrado na biblioteca ou em longos passeios elucubrativos. *Aí se vê a importância de uma bolsa de pesquisa.* Quem mais financiaria tais condições ideais de reflexão? Quem, ainda mais nos dias de hoje, financiaria o *silêncio*, o maravilhoso silêncio que é tão rico, onde muitas vozes se fazem ouvidas?

Nossas investidas principiaram em um teorema bastante versátil que Eilenberg descreve no tomo A de seu tratado, conhecido em Inglês como *Cross-Section Theorem*, e que os franceses chamam de *teorema da transversal*. Em linhas gerais, esse teorema diz que, se  $r : A^* \rightarrow B^*$  é uma relação racional, então existe uma função racional  $f$  com o mesmo domínio de  $r$  e que, para toda palavra  $x$  nesse domínio, *escolhe* uma única palavra na imagem de  $x$  por  $r$ . Em outros termos:

$$\text{dom}f = \text{dom}r \quad f \subseteq r$$

Uma estratégia imediata para decompor um transdutor  $k$ -valorado  $\mathcal{T}$  seria aplicar o Cross-Section Theorem  $k$  vezes, mas, com um pouco de atenção, encontramos exemplos onde esse procedimento não esgota todos os pares da relação realizada por  $\mathcal{T}$ . Então, buscamos forçar uma condição em que esse procedimento teria sucesso, e, para isso, procuramos *enxugar* o transdutor, eliminando passeios bem-sucedidos redundantes, ou seja, rotulados pelo mesmo par de palavras. Idealmente, eliminaríamos totalmente a redundância, o que levaria à obtenção de um transdutor não-ambíguo (no qual as  $k$  aplicações do teorema da transversal resultariam em uma decomposição completa). Entretanto, há relações racionais que são *intrinsecamente ambíguas*, ou seja, todo transdutor que realiza a relação obrigatoriamente terá pares de passeios redundantes; não há como escapar. Uma análise mais acurada seria necessária aqui.

Em uma tarde na biblioteca que se firmou como um daqueles raros eventos

que definem uma vida toda, tive um pequeno momento *Eureka*, uma das também raras e maravilhosas epifanias onde as trevas cedem lugar à luz. Questionei-me se, ao invés de eliminar a ambiguidade, permitir alguma ambiguidade, mas em um grau controlado, não seria suficiente para a estratégia do teorema da transversal. Mesmo divisando ainda com dificuldades por entre a névoa o que meus rascunhos sugeriam, saltou aos olhos que eu estava diante de um caminho possível. E um longo escrutínio que se seguiu por alguns dias, no qual buscamos nos assegurar da correteza desse argumento, mostrou que, de fato, a ideia funcionava. Embora a redação da prova tenha levado algumas semanas, foi nesse instante que o problema desmoronou. De noite fiz um brinde com meus colegas da república<sup>39</sup>, que não entenderam a extensão de minha efusão, mas numa república, ninguém recusa um brinde ou um pedaço de pizza, e celebramos juntos o sucesso de cada um, por mais estranho que seja.

Descendo mais um pouco na masmorra dos detalhes, nosso achado pode ser resumido da seguinte forma. Partindo da linguagem (reconhecível)  $L$  dos passeios bem-sucedidos do transdutor  $k$ -valorado  $\mathcal{T}$ , definimos uma medida para comparar passeios redundantes (com o mesmo rótulo) e, com base nela, uma sequência potencialmente infinita de linguagens (todas reconhecíveis e construtíveis a partir de  $\mathcal{T}$ )

$$L = L_0 \supseteq L_1 \supseteq L_2 \supseteq \dots$$

onde cada  $L_\ell$  é tal que se dois passeios redundantes  $c_1$  e  $c_2$  pertencem a  $L_\ell$ , então a medida entre eles é maior ou igual a  $\ell$ . Assim, índices maiores representam mais passeios redundantes eliminados. Cada conjunto  $L_\ell$  corresponde a um transdutor  $\mathcal{T}_\ell$  contendo precisamente os passeios bem-sucedidos de  $L_\ell$ . O lema principal que sustenta nossa prova da decomposição de  $\mathcal{T}$  diz que existe um  $\ell$  onde  $\mathcal{T}_\ell$  tem ambiguidade limitada (mais precisamente, é  $k$ -ambíguo), e isso é suficiente para que sigamos adiante. Essa propriedade pode ser enunciada como segue:

**Lema 4:** *Sejam  $n$  e  $M$  o número de estados e o máximo dentre os comprimentos das saídas nas transições de  $\mathcal{T}$ , respectivamente. Então  $k$  aplicações do teorema da transversal em  $\mathcal{T}_{n^{k+1}M}$  produzem uma decomposição da relação realizada por  $\mathcal{T}$  em  $k$  funções racionais.*

Sou grato ao leitor que se dignou a chegar até aqui, pois reconheço que os esforços das linhas anteriores em expor miudezas técnicas, de raciocínios que foram desenvolvidos ao longo de meses, são insuficientes, o que equivale a dizer que os parágrafos anteriores provavelmente *parecem grego*. O importante mesmo, neste texto, é contar para que serviu toda essa aventura de decompor coisas  $k$ -valoradas.

<sup>39</sup>No mestrado, passei a morar em São Paulo, dividindo com três, quatro ou mais colegas um espaço com dois quartos nos fundos de uma família que residia próxima à USP. A caminhada até o IME levava cerca de quarenta minutos, era um trajeto bonito, atravessávamos a bucólica Rua do Matão, passando por vários institutos antigos, em um exercício diário que inconscientemente protegia nossa saúde.

Primeiramente, para compor os resultados de nosso mestrado, é claro. Mais do que isso, a decomposição foi a cereja do bolo, nossa principal contribuição.

Serviu também como munição para atacarmos dois outros problemas fundamentais sobre as relações  $k$ -valoradas, dessa vez, problemas de decisão, ambos já discutidos na literatura, mas para os quais apresentamos novas provas (das quais pouparei o leitor). Trata-se dos enunciados a seguir, cada um acompanhado da referência para as demonstrações originais.

**Teorema 5** (Culik-Karhumäki 1986 [7]): *O problema da equivalência para relações racionais  $k$ -valoradas é decidível*

**Teorema 6** (Gurari-Ibarra 1983 [21]): *É decidível se um transdutor  $\mathcal{T}$  é  $k$ -valorado, para um determinado inteiro  $k$ .*

Nossa prova para o Teorema 6 veio como consequência do Teorema 7, enunciado logo abaixo, mais uma foto de nosso álbum que teimo em exibir, mas sem querer aborrecer ninguém com detalhamentos sobre morfismos ou representações matriciais. Gurari e Ibarra basearam-se em reduções entre problemas para estabelecer o Teorema 6; seguindo nossa trilha combinatória, nosso esforço consistiu em estender, para as funções  $k$ -valoradas, uma caracterização<sup>40</sup> das *funções racionais* apresentada por Schützenberger em 1975 [44], caracterização que implica de imediato um algoritmo (testar exaustivamente um conjunto finito de palavras – nada eficiente).

**Teorema 7:** *Sejam  $k$  um inteiro positivo,  $\mathcal{T} = (Q, E, I, T)$  um  $A$ - $B$ -transdutor letra-palavra,  $\mu$  o morfismo de sua representação matricial, e  $n = \text{card}(Q)$ . Se a condição*

$$\text{card}(u\mu_{pq}) \leq k \quad (2.1)$$

*for satisfeita para todo par de estados  $p$  e  $q$  e toda palavra  $u$  em  $A^*$  tal que*

$$|u| \leq n^{k+1}T(k(k+1)/2) + 1, \quad (2.2)$$

*onde  $T$  é a função definida por*

$$T(l) = l! \left( 1 + \sum_{1 \leq i \leq l} \frac{1}{i!} \right), \quad \forall l \in \mathbb{N}, l > 0, \quad (2.3)$$

*então essa condição é satisfeita para toda palavra  $u$  em  $A^*$ .*

Finalmente, e não menos importante, esse estudo acabou influenciando decisivamente minha trajetória acadêmica. Aquela tarde na biblioteca serviu como um momento pivotal, instrumental não somente para concluir o mestrado, como tam-

<sup>40</sup>Do tipo Ramsey, como descobri depois, com ajuda do Yoshi.

bém para ingressar no doutorado, e ingressar com um acervo de problemas na mala, porque em meu doutorado insistimos nas relações  $k$ -valoradas, abordando-as sob um novo ponto de vista, um ponto de vista estrutural (como Weber, mas com construções muito diferentes, que discutiremos no próximo capítulo). *A história nunca termina*. Aquela tarde foi para mim a cesta que Michael Jordan [converteu](#) em 1982 nos últimos quinze segundos da partida entre as equipes universitárias de North Carolina e Georgetown, garantindo o campeonato para North Carolina, um momento que recentemente Jordan classificou como o ponto de partida de sua carreira profissional [26]. Guardadas as devidas proporções – definitivamente não sou o Michael Jordan da Teoria dos Autômatos, nem o Scottie Pippen ou o Dennis Rodman – a mensagem é que naquela tarde fiz minha cesta, marcando a conclusão do mestrado e o início de tudo o que viria depois. Essa foi a história do que fizemos com as relações  $k$ -valoradas.

Continuei trocando mensagens com Jacques. Em determinado momento, mencionei a ousada intenção que vinha tomando forma desde 2001 de fazer doutorado nos cumes olímpicos onde circulavam os descendentes de Schützenberger, ou seja, Paris. Jacques acenou com a possibilidade de me orientar na ENST – *École nationale supérieure des télécommunications*, umas das *grandes écoles* de engenharia da França, que, em um laborioso processo de reorganização que estava em curso, formava juntamente de outras escolas a *Télécom Paris*, hoje parte do *Institut polytechnique de Paris*. Essa porta foi aberta por nosso trabalho no teorema da decomposição. Quando mencionei que estava utilizando o teorema da transversal para construir a decomposição, naturalmente Jacques advertiu que não havia garantia disso funcionar (dificuldade que comentei há alguns parágrafos). Ao aduzir que estávamos estudando uma preparação, um *enxugamento* do transdutor, de forma a permitir o uso do teorema, a resposta concisa que ele nos mandou, *Tu as bien vu le problème*, foi, essencialmente, a aceitação para trabalharmos juntos. Claro que, paralelamente a esse diálogo científico, enviei uma candidatura à ENST. A carta de aceitação, visível na Figura 2.4, permitia uma enorme flexibilidade para iniciar o doutorado, em 2003 ou 2004, ou mesmo início de 2005, considerando que eu ainda estava procurando recursos para tal.

Por dois anos, tentei conseguir uma bolsa de doutorado, primeiro do CNPq, pedido que foi negado, o que teve um lado positivo: eu teria que concluir o mestrado às pressas, no primeiro semestre de 2003, truncando os raciocínios que vínhamos laboriosamente construindo. O processo de solicitação da bolsa CAPES atravessou o ano de 2003.<sup>41</sup> Em meio às etapas comuns de cartas de recomendação, projeto

<sup>41</sup>Ao mesmo tempo, minha bolsa de mestrado terminou, o que me obrigou a procurar uma posição de docente em algum lugar. Consegui na Universidade Metodista em São Bernardo, e lá permaneci por dois semestres, enquanto concluía o mestrado. Considerando tantas tarefas ainda por fazer, e as exigências comuns de instituições particulares, que impuseram um deslocamento diário a São Bernardo,

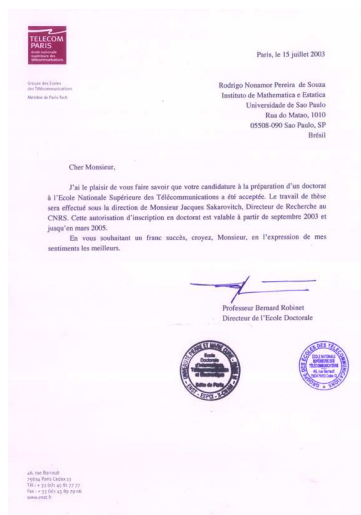


Figura 2.4: Carta de aceitação para o doutorado na ENST.

de pesquisa e análise curricular, houve um momento particularmente memorável no qual os candidatos de todo o Brasil precisaram se reunir (com recursos próprios) em Brasília para serem entrevistados por uma banca, no prédio do Ministério da Educação. Foi a primeira vez que viajei de avião. Lá passamos três dias e encontramos tantos outros com os mesmos sonhos, projetos de vida, tudo vinculado a quatro anos de domicílio em um país diferente, Estados Unidos, Itália, Espanha, no meu caso, França. Comentarei uma lembrança singela mas significativa dessa viagem.

No primeiro dia, o auditório, apinhado dessa mocidade, a maior parte ainda mestrandos de vinte e poucos anos, mas determinados a ganhar o mundo, foi lembrado, em uma palestra da equipe da CAPES, que nem todos seriam contemplados com a tão desejada bolsa. Mencionou-se que alguns lá estavam estoicamente pela segunda ou terceira vez, já eram rostos conhecidos de outras tentativas. Então, no dia seguinte, dia das entrevistas, buscamos fazer o melhor. A minha, lembro-me bem de ter acontecido após uma boa leva, de modo que talvez a banca estivesse cansada, pois, ao ser chamado, pronto para enfrentar qualquer teste imaginável a que eu pudesse ser submetido, fui surpreendido por três docentes reclinados na cadeira em pesaroso silêncio, interrompido por aquele que parecia ser o presidente, com uma solicitação arrastada, articulada talvez com o derradeiro resquício de sua paciência:

*Comece aí o que você tem a nos dizer.*

Não me lembro dos detalhes da longa e desesperada exposição sobre meus feitos acadêmicos e a importância estratégica para o Brasil de que eu fosse um dos contemplados – acredito que foi esse o tipo de propaganda que fiz – mas de um momento específico lembro-me bem. Foi quando, já percebendo a vacuidade daquele discurso, e desistindo dele, declarei, quase suplicante, pausadamente, com uma sinceridade certamente esse foi o ano em que mais investi energia em um projeto acadêmico, até hoje.

doída de quem pede um videogame de presente de Natal, mas uma sinceridade profunda de quem estava talvez dizendo a primeira coisa verdadeira naquela tarde:

*Eu gosto muito de Ciência.*

Nesse momento, um dos docentes, creio que era Físico, um senhor de bigodinho que estava enfiado na cadeira, parecendo ser o mais enfadado com o estranho espetáculo, abriu um largo sorriso que se pendurou nas duas orelhas, um sorriso também manifestamente sincero, emoldurado por um semblante agora iluminado. Até hoje me pergunto se esse acidente teve alguma influência em minha avaliação. Também me pergunto se a motivação desse sorriso foi a Ciência ou a Comédia, porque não excludo que a banca tenha pensado naquele instante: *são espécimes curiosas as que aparecem aqui.*

Entramos em 2004. Restava-me defender e aguardar que a CAPES se decidisse.

A defesa, foi o ato mais simples dessa longa caminhada, uma rápida e necessária cerimônia, na qual não me lembro o que falei, como falei, com quem falei, antes e depois, mas uma lembrança retive, e com ela quero fazer um breve tributo a Imre Simon. Tivemos a honra de contar com o Imre em minha banca<sup>42</sup>, e lembro-me que esse espírito visionário, que contribuiu em tantas frentes para a Ciência no Brasil, que bem poderia dispor da ocasião para lidar com alguma tarefa, acompanhou atenciosamente minha apresentação, permanecendo com os olhos bem abertos, pregados em mim, franzindo a testa e balançando a cabeça em meio a minhas tentativas de explicação. Do alto de sua glória acadêmica, o Imre naquele momento parecia um estudante, talvez um estudante que, silenciosamente, fazia-se assim para me ensinar uma lição: *aprender sempre, na ocasião que for, com quem quer que seja.* Seu comentário final foi ao mesmo tempo singelo e um dos melhores pareceres que poderíamos esperar:

*Seu trabalho está muito caprichado.*

Nami, de sua longa experiência trabalhando com o Imre, por mais de uma vez enfatizou o patamar de exigência com o texto que se esperava. A pesquisa de ponta em Teoria dos Autômatos, Teoria dos Grafos, Combinatória e outras áreas queridas por nós, computólogos, compartilham um mesmo espírito, e isso é questão de sobrevivência, não de estilo. Por mais intrincada que seja uma prova, ela não pode deixar de ser simples. O texto precisa ser simples, claro, toda ambiguidade é um veneno fatal a ser erradicado, as peças que compõem a prova precisam se encaixar com precisão booleana, a Matemática não admite compromissos. Quantos trabalhos publicados encontramos onde essa virtude passou longe! E que prazer ao ler um artigo escrito por

---

<sup>42</sup>O outro membro foi Prof. [Arnaldo Vieira Moura](#), da UNICAMP, a quem agradeço na mesma medida.

A COMBINATORIAL STUDY  
 OF  $k$ -VALUED RATIONAL RELATIONS

RODRIGO DE SOUZA<sup>1</sup>

DEINFO, Universidade Federal Rural de Pernambuco  
 Campus Universitário da UFRPE, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brazil  
 e-mail: rsouza@deinfo.ufrpe.br

and

NAMI KOBAYASHI

Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática e Estatística,  
 Universidade de São Paulo, 05508-090, São Paulo, SP, Brazil  
 e-mail: nami@ime.usp.br

ABSTRACT

We give combinatorial proofs for three fundamental properties of  $k$ -valued rational relations: the decomposition of a  $k$ -valued rational relation into a union of  $k$  rational functions; the decidability of the  $k$ -valuedness; the decidability of the equivalence for  $k$ -valued rational relations. Positive answers are already known for these properties. Our contribution lies in the fact that our proofs are built on few elementary combinatorial arguments, which make them considerably shorter and hopefully easier to understand. In particular, in order to tackle the  $k$ -valuedness, we generalize a combinatorial characterization of the rational functions due to Schützenberger.

*Keywords:* Finite-valued rational relation,  $k$ -valued rational relation, transducer, rational function, decidability

1. Introduction

Rational relations (between free monoids) and transducers are classical concepts in automata theory, and are considered in several references on the subject [8, 13, 2]. Among them, the family of the rational functions (and functional transducers) has received much attention due to the remarkable properties it bears, such as unambiguity and decidability. Indeed, whereas even some rather simple rational relations can be shown to be intrinsically unambiguous, every rational function can be realized by an unambiguous transducer, as shown by Eilenberg [8] and independently by Schützenberger [18]. (Another proof can be derived from the fundamental work of Elgot and Mezei [9].) And whereas the equivalence is undecidable for transducers, the

<sup>1</sup>This work was done while this author was at Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, and is part of his Master's dissertation [5]. It was supported by CNPq.

Figura 2.5: Primeira publicação em revista, com os resultados do mestrado.

um desses grandes nomes, que, como Feynman disse certa vez, entendem bem do assunto porque conseguem explicá-lo claramente. *In pursuit of simplicity*. Ter feito um texto caprichado foi o melhor cumprimento que recebi por esse trabalho.

Publicar um artigo em periódico no mestrado não é uma obrigação formal nem moral, mas por que não tentar? Decidimos submeter nossas provas dos teoremas 3, 6 e 7 ao *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*. Durante o doutorado não tive notícias dessa submissão, e esqueci dela. Em 2008 recebi um email do editor anunciando que o artigo tinha sido aceito e solicitando uma lista extensa de correções. Uma avaliação que durou quatro anos! Tempo para que os mesmos assuntos fossem aprofundados durante o doutorado. No doutorado, nossa abordagem foi estrutural, no mestrado, combinatória, então restou-nos rebatizar o artigo, inserindo no título a menção *estudo combinatório*. Foi uma bela experiência publicar, simultaneamente, duas perspectivas diferentes para um mesmo conjunto de problemas [17]. Faço uma “foto de família” dessa primeira publicação na Figura 2.5, não farei evidentemente para todas as outras. A publicação coincidiu com o início de minha trajetória na UFRPE, de modo que minha primeira publicação em revista estampou o nome da *Ruralinda*<sup>43</sup>.

Em uma sexta-feira do primeiro semestre de 2004, em ligação a Brasília, fui informado de que a comissão das bolsas de doutorado para o exterior trabalhava com afinco na seleção dos candidatos, e que a resposta, que esperávamos nesse dia, só chegaria na segunda. O leitor poderá imaginar o estado de espírito desses aspirantes a cientista espalhados pelo Brasil, durante o fim de semana. Na segunda, ao telefonar

<sup>43</sup>Como vou me referir à nossa universidade, quando começar a tratar de minha história aqui.

de novo, fui fuzilado com o mais angustiante dos informes:

*Você está em décimo primeiro lugar no Brasil, e a princípio temos dez bolsas para sua área. A comissão está reunida trabalhando.*

Nas horas que se seguiram, experimentei aquela sensação de suspensão de tempo que os momentos de crise ensejam. No fim da tarde liguei novamente, as mãos trêmulas, os nervos em andrajos, e me recordo bem de um breve suspense que o servidor da CAPES imprimiu à sua fala, mas que pareceu durar uma eternidade:

*Sua bolsa foi ... concedida.*

Passei a escrever emails sem nexos para amigos e colegas, e meus vizinhos por um momento ouviram o concerto para violino de Tchaikovsky no último volume.

Minha palavra final neste capítulo é um sincero agradecimento a Nami Kobayashi pela orientação, absolutamente distinta do usual, que ela dispensou nos mais de três anos que duraram esse trabalho. Não é exagero afirmar que cada linha da dissertação foi cuidadosamente discutida com ela, em reuniões semanais, e em leituras que ela fazia do texto. O texto final surgiu após sequências de revisões de cada seção, onde um pouco se melhorava, mas ainda havia o que melhorar, e a seção era relida, e retrabalhada. Nunca consegui ser um orientador tão dedicado, nem conheci algum outro que o fosse. Se o texto estava caprichado, isso se deve à sua condução, o mesmo vale para a internalização do rigor necessário para se trabalhar com Teoria dos Autômatos, um dos legados mais importantes de meu mestrado. Nosso trabalho não foi concluído, foi interrompido. Em nome da clareza, da simplicidade, da compreensão dos objetos envolvidos, *a história nunca termina*, mas teve que terminar, teve de ser truncada, porque uma passagem para Paris já estava sendo comprada pela CAPES e havia pouco tempo para a preparação para o desconhecido.



*tu duca, tu signore e tu maestro*

Dante Alighieri, A Divina Comédia

# 3

## Paris

Aqui principia um sonho. O leitor estará de acordo comigo. Quatro anos como bolsista em Paris, sendo pago para fazer pesquisa. Seu tempo integralmente dedicado a essa atividade, nenhum outro engajamento exigindo dele uma parcela.<sup>1</sup> Sonho.

Isso tudo, incluindo as passagens aéreas, financiado pela população brasileira. A gravidade desse investimento, que era como o plantio de uma semente caríssima de expectativas para o futuro, foi enfatizado desde a reunião em Brasília dos candidatos à bolsa, que descrevi no capítulo anterior, e estava estampada no contrato que todos nós tivemos de assinar: uma cláusula muito comentada exigia um retorno ao Brasil após o doutorado, para aplicar aqui a experiência auferida nessas deambulações, por pelo menos quatro anos, ou o tempo de duração da bolsa. Em momento algum descuidei dessa admoestação, pois em momento algum, durante o doutorado, passou pela minha cabeça permanecer no exterior ou tomar rumo distinto do retorno ao Brasil, para contribuir com o melhor de minhas forças com a instituição que fosse, onde quer que fosse. Quando do meu retorno, o martelo dessa responsabilidade retinha com estridência em minha consciência, o que, como exponho no próximo capítulo, teve influência determinante nas decisões que tomei após ingressar na UFRPE.

Na iminência do embarque, custava-me ainda acreditar na materialidade des-

---

<sup>1</sup>Poderia ter permanecido assim, ou partido para arranjar problemas, o que acabei fazendo, como comento mais adiante.

ses eventos. Duvidava da validade do cartão de embarque, de meu passaporte, da existência de uma bolsa atribuída a mim. No vôo (meu primeiro internacional), sentia-me como que flanando sobre uma quimera, e estupidamente, secundado pelo vinho servido prodigamente pela Air France, exultei quando começamos a sobrevoar Portugal, formulando intimamente reflexões semelhantes a “a Europa existe mesmo”. Nos primeiros dias, ainda extático, repetia o mais imediato lugar-comum de quem se vê em território totalmente desconhecido, “o que estou fazendo aqui?”

Jacques havia arranjado, com antecedência, uma permanência de um ano<sup>2</sup> na residência estudantil da ENST<sup>3</sup>, um prédio anexo à escola, próximo ao bucólico *quartier* da *Butte aux Cailles*, solução extraordinária em termos de localização e finanças, porque Paris é um local caro para se viver. Ter um quarto exclusivo, após a divisão de espaços quase espartana da república, e uma mesa de trabalho exclusiva, foram conquistas que amplificaram o doce estado de estupefação desses primeiros dias.

Felizmente, nosso primeiro diálogo presencial sobre o doutorado, que levou um certo tempo para acontecer – ele não estava em Paris quando cheguei – trouxe-me de volta à realidade, porque Jacques, talvez adivinhando meu aluamento, esmerou-se em produzir uma das mais terríveis reuniões das quais já participei. Em uma tarde inesquecível, na qual esperava-se que o jovem gênio do Brasil, como ele dizia jocosamente às vezes, fizesse jus às cartas de recomendação de Imre Simon e Arnaldo Mandel que figuravam em sua candidatura, explicando seu *mestrado* com um mínimo de autoridade sobre relações racionais, o que ocorreu, foi o mesmo suposto gênio ser sistematicamente e amplamente desmontado em suas convicções de domínio do assunto, seus bríos e seu quase inexistente francês. Jacques nunca se queixou de meu francês; muito pelo contrário: frequentemente elogiava meus esforços para superar as barreiras linguísticas. Mas, nesse dia, em determinado momento, perdi o dom da fala, na língua que fosse, saindo atordoado de sua sala apinhada de livros e fichários.

Disposto a reverter uma imaginária ameaça de que me devolveriam sumariamente ao Brasil com uma menção “insuficiente”, preparei-me para a próxima reunião como se devesse me defender da pena capital perante um júri. Mas essa, transcorreu de modo totalmente diverso. Dela participou [Sylvain Lombardy](#), ex-aluno de doutorado de Jacques, agora colaborador frequente, e ambos assistiram com patente paciência, já antevendo talvez que aquele material seria completamente descartado com o tempo. Aí principiaram encontros semanais, geralmente repletos de desenhos no quadro, e de reflexões sobre esses desenhos. A pesquisa em teoria é simples, o que é diferente de fácil. Aquela primeira reunião cumpriu plenamente seu papel.

<sup>2</sup>Fui um nômade durante minha estadia na França. Após esse primeiro ano, morei na maravilhosa *Cité Internationale*, passando, na sequência, pela *Maison du Brésil*, a *Fondation Victor Lyon*, a *Maison du Japon* e a *Maison du Cambodge*, para nos últimos meses, retornar à residência da ENST.

<sup>3</sup>Como comentei no capítulo anterior, hoje essa escola aglutinou-se a outras, dando origem à Telecom Paris. Neste texto, vou utilizar a sigla da época, que não existe mais.

O leitor perdoe a exposição dessas minudências sobre minha vida privada, conquanto tenha-me esforçado para não me distanciar do propósito deste texto, o que equivale a dizer que os fatos aqui narrados todos importaram para minha formação como pesquisador. Nesse sentido, a exposição constante a séculos de construção cultural cujas manifestações pululam em cada esquina daquela cidade, experiência multimilionariamente enriquecedora (com a licença para se inventar palavras), nem de leve será tangida neste texto. O restante deste capítulo será dedicado ao apontamento dos resultados dessa pesquisa de quatro anos que se iniciava, e permanecerá isento de narrativas mais corriqueiras, à exceção de dois eventos que merecem, pela estranheza, serem *gravados no mármore*, como nos referíamos aos resultados que deveriam ecoar por toda a eternidade. É o que exponho nos próximos parágrafos.

O primeiro é de natureza médica, fazendo de certa forma paralelo ao início de minha graduação. Nosso visto tinha uma validade de três meses e, antes que esse prazo expirasse, precisávamos obter um visto mais longo, de estudante residente, para o qual cumpríamos certas etapas institucionais. Uma delas consistia em um exame médico em determinado setor público, no qual compareci com outros tantos candidatos dos mais diversos cantos do planeta: asiáticos, africanos, outros sulamericanos, muitos com trajes típicos, uma verdadeira Babel. Tiraram-me uma radiografia, e logo em seguida fui à consulta, com um médico de meia idade, imagem em mãos. O que se sucedeu, foram minutos de terror, pois o médico passou a observar a radiografia em silêncio, demoradamente, com semblante circunspecto. Em seguida, saiu da sala, sem articular uma palavra, e retornou com outros dois colegas, que se puseram a examinar a imagem com a mesma gravidade, confabulando em surdina. Teriam encontrado um tumor avassalador, e isso logo no início de meu doutorado? Como ter acesso ao tratamento devido para esse suposto mal que causava espanto a três médicos, num local onde eu não conhecia ninguém, não conhecia o sistema de saúde, e mal falava a língua? Eis que essa banca médica improvisada anuncia que eu tinha uma condição rara chamada *situs inversus*: meu coração e outros órgãos não estavam na posição esperada, mas sim em localidade diametralmente oposta. Isso não me impediria de levar uma vida normal, então não havia o que fazer além de se despedir com um singelo *bonne journée*. Passei os próximos dias tomado de espanto, refletindo sobre como a tecnologia avançada de diagnóstico que encontrei na Europa (a radiografia?) pôde me revelar uma condição que médico algum descobriu no Brasil – mesmo em cirurgias. Em outra ocasião, no Brasil, em consulta de rotina, que incluiu a análise de uma nova radiografia, o médico considerou que não somente não havia nada de inesperado na posição de meus órgãos, como também seria impossível fazer um diagnóstico errado, pois há uma forma padrão, não ambígua, universal, de se visualizar as radiografias, e um médico não poderia simplesmente se enganar de lado. Ou ele recebeu a radiografia errada, ou eles sorteavam estrangeiros para pregar

uma peça, e eu fui o escolhido do dia. Mas a história não parou por aí. Na época, eu tinha um blog onde narrava essas aventuras, essencialmente para recreação de meus amigos de São Paulo, o meu *An American in Paris* mas sem os acordes exuberantes de George Gershwin. Evidentemente, não pude deixar de publicar a descoberta em terras estrangeiras de que eu era portador de *situs inversus* – a mais comezinha Razão me faltou e eu efetivamente acreditei nisso por um tempo, por mais que eu identificasse meu coração batendo do lado esquerdo, o que só aumentava minha confusão. O blog não durou mais do que seis meses, mas foi suficiente para que pessoas com a condição, em busca na Internet, localizassem minha notícia. Anos depois, ainda recebi um email onde a mãe de uma criança com *situs inversus* me perguntava que tratamento eu estava recebendo na avançada medicina de fora do Brasil.

O segundo evento é mais do que uma curiosidade, porque participou de minha construção naquela parte da vida tão delicada que é a gestão. Ainda que tivesse o direito de me acomodar no ambiente cuidadosamente configurado para a pesquisa que uma bolsa de pesquisa faculta, não pude me furtar às investidas desse espectro. Por dois anos, estive envolvido, e fui presidente – ainda não me parece crível, mas fui – da *APEB-Fr*, a Associação dos Pesquisadores e Estudantes Brasileiros na França. Acheguei-me timidamente para ver do que se tratava, participei de algumas reuniões na *Maison du Brésil*, e, não me lembro como nem por que, fui içado em determinado momento a presidente, em um contexto de conflito entre representantes das duas últimas gestões. Boa parte de minhas energias foram consumidas em pacificar esse conflito, todo resquício de habilidade diplomática que eu pudesse extrair de mim mesmo, foi exigido, e caso algum colega queira me pagar uma bebida, comprometo-me a esmiuçar os sucessos e insucessos verdadeiramente impressionantes que caracterizaram a minha gestão. Limito-me aqui a dizer que, nesse estado de coisas, minha gestão nem foi reconhecida, tanto que não apareço na lista das diretorias no site da associação. A gestão seguinte, também não reconhecida, não fez melhor, de forma que em determinado momento a associação assistiu à emergência de um *triunvirato!*, do qual fiz parte. Que fique registrado, a *APEB-Fr* já foi regida por um *triunvirato*, constituído para estabilizar a situação política, para que uma nova diretoria pudesse ser eleita pacificamente. Foi o que ocorreu, havendo, desde então, paz.

Dessa dura experiência, saí com bons amigos que a viveram comigo, e com a ingênua promessa de não mais, nunca mais, envolver-me em comissões de formatura, *triunviratos* ou qualquer outra esfera administrativa. Ao menos durante o doutorado, cumpri a promessa. Havia muito o que fazer, e quatro anos, não é tanto tempo assim.

Jacques empreendia, já fazia alguns anos, um esforço de revisitar resultados centrais da Teoria dos Autômatos – resultados conhecidos e demonstrados – atra-

vés de manipulações estruturais com o grafo de autômatos. O *leitmotiv* aqui é que certas construções expõem propriedades relevantes da relação realizada e, frequentemente, uma inspeção simples nessa estrutura permite, por exemplo, responder a um problema de decisão. Um exemplo característico é o problema de se decidir se um transdutor<sup>4</sup> é funcional (realiza uma função). Como discutimos brevemente na apresentação do Teorema 7, Schützenberger descreveu, em 1975, uma propriedade combinatória dos transdutores que permite decidir a questão. Podemos enunciá-la assim: para todo transdutor  $\mathcal{T}$ , há um inteiro  $N$  tal que, se a imagem por  $\mathcal{T}$  de toda palavra com comprimento limitado por  $N$  tem no máximo uma palavra, então isso é verdade para todo o domínio (ou seja,  $\mathcal{T}$  é funcional). Isso mostra que o problema é decidível, o que por si só é um resultado (típico da década de 1970), mas um resultado insatisfatório, porque testar esse conjunto de palavras resulta em complexidade exponencial. Uma solução totalmente diferente emerge de uma constatação elementar: no *produto cartesiano*  $\mathcal{T} \times \mathcal{T}$ , todo passeio bem-sucedido se projeta em um par de passeios bem-sucedidos de  $\mathcal{T}$  com a mesma entrada; então,  $\mathcal{T}$  é funcional se, e somente se, nesses passeios de  $\mathcal{T} \times \mathcal{T}$ , as saídas em ambas as componentes são iguais. Essa propriedade pode ser verificada “decorando” todo estado  $(p, q)$  de  $\mathcal{T} \times \mathcal{T}$  com uma palavra indicando a *diferença* entre as saídas dos passeios que começam em um estado inicial, e chegam em  $(p, q)$  – ser funcional, significa que nos estados finais essa diferença deve ser a palavra vazia. O algoritmo para decidir a funcionalidade consiste, essencialmente, na construção do quadrado “decorado”, seguida por uma inspeção dos estados finais. A complexidade agora se torna explícita, resultando diretamente da construção: quadrática no tamanho de  $\mathcal{T}$ . Essa abordagem foi descrita em 2003 por Jacques e colaboradores [4]. Um exemplo dessa construção é ilustrado na Figura 3.1.

Não poderia haver melhor conjunção astral. Cheguei em Paris trazendo na mala um punhado de resultados combinatórios, referentes às propriedades mais basilares de um capítulo inteiro da teoria das relações racionais – o das relações finitamente valoradas, mas resultados *à la* década de 1970, pela inexistência nos mesmos de qualquer preocupação com a complexidade dos objetos resultantes. Razoável, suficientemente óbvio, colocar como meta tudo refazer, mas agora, de uma maneira mais profunda, consciente, enquadrada nesse esforço de reescrever resultados antigos, mas insatisfatórios, por intermédio de construções que possam revelar mais sobre a estrutura do problema. Por exemplo, a prova do mestrado para o Teorema 3, como comentamos no capítulo anterior, envolve  $k$  aplicações do teorema da transversal. Ora, cada aplicação pode impor uma explosão exponencial, de forma que o tamanho dos transdutores na decomposição resultante, em nosso método, é faraônico, inadmissível, uma torre de exponenciais. Nesse aspecto, perdemos feio para Weber, que

---

<sup>4</sup>Vamos doravante assumir tacitamente que todos os transdutores são do tipo *letra-palavra*: a entrada de toda transição é uma letra, a saída, qualquer palavra.

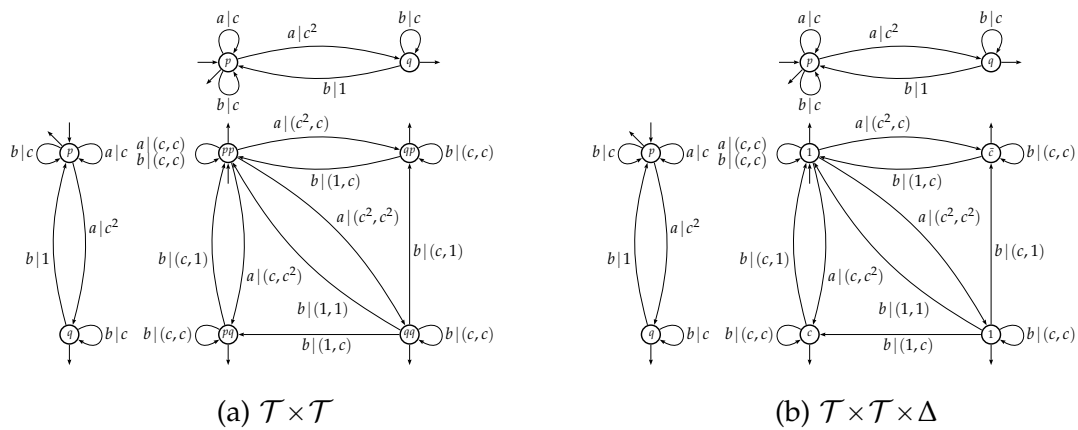


Figura 3.1: Em (a) o quadrado  $\mathcal{T} \times \mathcal{T}$  do transdutor representado na Figura 2.3c, em (b) o quadrado decorado com as diferenças entre as projeções das saídas dos passeios que começam no estado inicial  $(p, p)$ . A letra  $c$  indica que a saída na segunda componente está “adiantada” por um  $c$  com relação à da primeira (ou seja, a saída do passeio que chega no estado é da forma  $(x, xc)$ ), e o  $\bar{c}$  indica que está “atrasada” (a saída é da forma  $(xc, x)$ ). Formalmente, essa “decoração” é o produto  $\mathcal{T} \times \mathcal{T} \times \Delta$ , onde  $\Delta$  é uma ação de pares de palavras sobre um conjunto de diferenças (palavras comuns ou barradas), chamada na literatura de *ação avanço-atraso*. O fato de o estado final  $(p, q)$  (ou o  $(q, p)$ ) não estar decorado pela palavra vazia mostra que há passeios bem-sucedidos com a mesma entrada e saídas distintas. Ou seja,  $\mathcal{T}$  não é funcional.

apresenta uma construção com *duas exponenciais*. Desde os primeiros dias, Jacques instou a que eu transformasse completamente minha demonstração, buscando evitar, como ele sempre dizia, o *lemme de l'étoile*, orientação que nem sempre esteve clara para mim, mas que, mediante a atuação invencível do tempo (quase dois anos), culminou na elaboração de uma nova construção, de um *revestimento de transdutores*, do qual pudemos extrair uma decomposição largamente mais visível e mais concisa.

A gênese dessa nova demonstração está em um resultado anterior, enunciado no Teorema 2 mais abaixo. O Teorema 2 é o primeiro resultado de nosso doutorado e funcionou como um impulso para todo o resto, de forma que nos próximos parágrafos me esforçarei para expor o que nele está dito, antes de retornar à decomposição.

Nossa prova para o Teorema 2 se baseia no recém mencionado conceito de *revestimento*, um empréstimo da Teoria dos Grafos que Jacques adaptou para os autômatos, e do qual convém que se apresente aqui uma intuição. Informalmente, um revestimento de um autômato  $\mathcal{A}$  (sobre qualquer monóide, o que inclui os transdutores) é um autômato  $\mathcal{B}$  cujos passeios bem-sucedidos se projetam bijetivamente sobre os de  $\mathcal{A}$ . Tipicamente,  $\mathcal{B}$  é uma *expansão* de  $\mathcal{A}$ , que não altera o conjunto de passeios bem-sucedidos, mas permite uma certa distinção entre esses passeios. Um exemplo é o produto  $\mathcal{A} \times \mathcal{A}_{\text{det}}$  de  $\mathcal{A}$  pelo determinístico obtido com a construção dos subconjun-

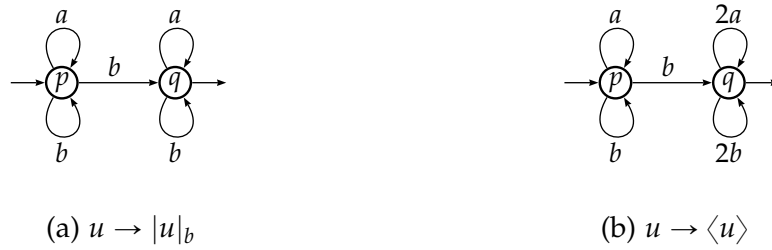


Figura 3.2: Dois autômatos com multiplicidades em  $\mathbb{N}$ . A série realizada pelo autômato (a) associa toda palavra  $u$  ao número de ocorrências de  $b$  em  $u$ , a realizada pelo autômato (b) associa  $u$  ao valor da representação binária dessa palavra, considerando  $a$  como o dígito 0 e  $b$  como o dígito 1.

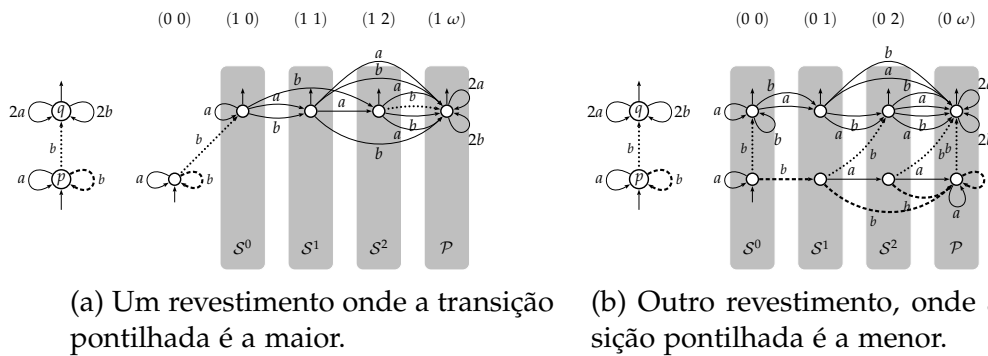


Figura 3.3: Dois revestimentos lexicográficos do  $\mathbb{N}$ -autômato 3.2b.  $S^i$  ( $0 \leq i < 3$ ) é o sub-autômato não ambíguo resultante da supressão da propriedade de ser final de todos os estados, menos o da coluna cinza rotulada por esse autômato;  $\mathcal{P}$  é um  $\mathbb{N}$ -autômato obtido da mesma forma, mas que realiza a série  $s \div 3$ .

tos, que Jacques apelidou de *revestimento de Schützenberger*<sup>5</sup> e utilizou para demonstrar propriedades centrais das funções racionais [40]. Dois outros exemplos são ilustrados na Figura 3.3, reconhecidamente incompreensível neste ponto. Sabendo que já vamos nos alongando nesse assunto, mas contando sempre com a bravura do leitor, explico melhor essa figura a seguir; ela ilustra nossa demonstração para o Teorema 2.

Considere o autômato bastante simples ilustrado na Figura 3.2a. Ele reconhece a linguagem  $(a + b)^*ba^*$  das palavras que tem pelo menos uma ocorrência da letra  $b$ . Agora, vamos aprofundar nossa constatação do fato de que uma palavra pertence a esse conjunto, calculando a *multiplicidade com que ela pertence a esse conjunto*: ao invés de dizer se existe ou não um passeio bem-sucedido rotulado por  $u$ , vamos contar quantos desses passeios existem. Observando exemplos pequenos, como  $u = bba$  (faça o teste: procure os passeios rotulados por  $u$  que começam em  $p$  e terminam em

<sup>5</sup>Por ter sido encontrado em *pesquisas arqueológicas* nos trabalhos de Schützenberger.

$q$ ; encontraremos dois), convencemo-nos de que esse número é precisamente  $|u|_b$ , a quantidade de  $b$ 's que ocorrem em  $u$ . Então, nesse ponto de vista, não diremos que o autômato reconhece a linguagem  $(a + b)^*ba^*$ , mas que ele realiza a série formal

$$u \rightarrow |u|_b \quad \forall u \in A^*$$

Essa abordagem abre as portas de um novo, vasto e intrincado universo, o dos *autômatos com multiplicidade*, dispositivos que, mais do que aceitar ou rejeitar palavras, atribuem uma multiplicidade a palavras, multiplicidades que são elementos oriundos de um semi-anel  $\mathbb{K}$  associado ao autômato, ou ainda, reconhecem uma série formal, um dos nomes que se dá a funções  $A^* \rightarrow \mathbb{K}$ . No exemplo que ilustramos, o semi-anel é o conjunto  $\mathbb{N}$  dos números naturais equipado com soma e produto, e estamos lidando com um  $\mathbb{N}$ -autômato. Essa teoria, como deveríamos esperar de uma arquitetura coerente, engloba nossos conhecidos autômatos que reconhecem linguagens, porque os mesmos podem ser vistos como  $\mathbb{B}$ -autômatos: autômatos com multiplicidade no semi-anel booleano  $\mathbb{B}$ . Da mesma forma que autômatos reconhecem linguagens, autômatos com multiplicidade reconhecem séries formais; *uma série formal é reconhecível se existe um autômato que a reconhece*, etc. Isso funciona tão bem que até o Teorema de Kleene se generaliza, resultado de Schützenberger, hoje chamado de *Teorema de Kleene-Schützenberger* (de fato, foi Marco quem nos apresentou a esse maravilhoso universo).

Façamos agora a mesma contagem, mas com o autômato ilustrado na Figura 3.2b. Esse autômato tem uma novidade: transições onde um peso, ou uma multiplicidade, acompanha a letra sendo soletrada<sup>6</sup>. Isso impõe multiplicidades a passeios, que são o produto das multiplicidades das transições que compõem o passeio, e a multiplicidade de uma palavra, na série realizada pelo autômato, é a soma das multiplicidades de todos os passeios bem-sucedidos rotulados pela palavra. Em nosso pequeno exemplo  $u = bba$ , os dois passeios bem-sucedidos que soletram  $u$  são

$$\begin{array}{c} p \xrightarrow{b} q \xrightarrow{2b} q \xrightarrow{2a} q \\ p \xrightarrow{b} p \xrightarrow{b} q \xrightarrow{2a} q \end{array}$$

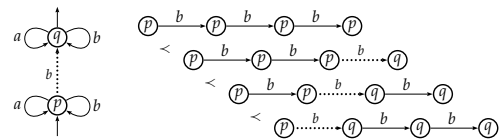
O primeiro tem multiplicidade 4, o segundo, 2. A multiplicidade de  $u$  na série realizada por esse autômato é portanto 6. Estudando outros exemplos, entendemos o que esse autômato faz: considerando  $a$  como o dígito 0 e  $b$  como o dígito 1, a multiplicidade de  $u$  é o valor na notação binária representado por essa palavra.

Retornemos a nossos revestimentos na Figura 3.3. Ignore por um momento todos os retângulos cinza, transições pontilhadas e outros elementos que aparecem nessa figura, e vamos entender o que significa dizer que os dois autômatos compli-

<sup>6</sup>Transições sem um valor explícito tem multiplicidade 1.

cados ilustrados nela são revestimentos da nossa calculadora de valor binário (Figura 3.2b). Em cada uma dessas construções, considere, para cada estado, a projeção horizontal à esquerda, que leva ao estado na mesma altura do autômato 3.2b; e observe que, para todos os estados do revestimento, existe uma associação um para um das transições que saem desse estado com as transições que saem do estado projetado, preservando os rótulos (imagine que transições com multiplicidade 2 representam duas transições distintas com o mesmo rótulo). Essencialmente, isso é o que define um revestimento<sup>7</sup>. A utilidade dessa associação bijetiva local entre as transições, é que dela emerge uma preciosa propriedade global, uma *bijeção entre os passeios bem-sucedidos* de ambos os autômatos. Isso mostra que esses autômatos são equivalentes, mas no revestimento, podemos distinguir melhor entre os passeios bem-sucedidos.

Como construímos a Figura 3.3? Esses revestimentos são instâncias do que batizamos de *revestimento lexicográfico*. A intuição é definir uma ordem entre as transições do autômato, e a partir dela, ordenar lexicograficamente os passeios,



vistos como palavras sobre o alfabeto das transições<sup>8</sup>. Na figura ao lado, considerando, em nosso autômato contador de  $b$ 's, que a transição pontilhada é menor do que a transição  $p \xrightarrow{b} p$ , obtemos uma ordem lexicográfica para os passeios rotulados por  $bbb$  que começam em  $p$ , ilustrada à direita. Definida a ordem, os estados e transições do revestimento são definidos de forma a produzir uma *contagem*, expressa nos valores projetados verticalmente para cima: cada passeio bem-sucedido termina em um estado que conta a quantidade de passeios menores, com o mesmo rótulo. Estritamente falando, essa contagem produziria um objeto infinito; o que fazemos é contar somente até um certo limiar  $k$ , e quantidades maiores do que  $k$ , são todas assumidas como um valor *muito grande*  $\omega$ . O autômato finito resultante é um  $\mathbb{N}$ -quociente do objeto infinito, e um  $\mathbb{N}$ -revestimento do autômato original. Mas nada disso importa em nossa discussão sobre a Figura 3.3; o que importa é dizer que, apagando certos estados finais, podemos extrair, por exemplo, o sub-autômato não-ambíguo (no máximo um passeio bem-sucedido para cada palavra) que reconhece a linguagem de todas as palavras que tem multiplicidade pelo menos 1 – é o que chamamos de suporte da série. Esse é o autômato  $\mathcal{S}^0$  que se obtém mantendo como final apenas o estado na primeira coluna cinza; seus passeios bem-sucedidos são precisamente os menores segundo a ordem lexicográfica. O autômato  $\mathcal{S}^1$ , obtido ao se apagar os estados finais de todos os estados menos o do segundo retângulo cinza, “contém” os passeios que são maiores do que exatamente um passeio, com o mesmo rótulo. Assim sucessivamente.

<sup>7</sup>É comum chamar de revestimento tanto a função de projeção, quanto o próprio objeto construído.

<sup>8</sup>Os créditos da astúcia precisam ser repartidos com Eilenberg. Embora não tenha desenvolvido as construções que apresentamos, sua demonstração do teorema da transversal passa pela definição de uma certa ordem lexicográfica entre passeios.

Figura explicada, discutamos, finalmente, nosso Teorema 2 com o leitor que ainda está aqui. A boa notícia é que a maior parte do deserto já passou.

Uma das tarefas mais corriqueiras na Teoria da Computação, em geral, é estudar o *fechamento* de famílias de linguagens por operações envolvendo uma ou mais linguagens, como as operações booleanas ou o embaralhamento. Nada mais natural do que fazer o mesmo para a família das séries formais reconhecíveis. Considerando o semi-anel  $\mathbb{N}$ , uma das operações mais elementares é o *mônus*: se  $s$  é uma série  $A^* \rightarrow \mathbb{N}$  e  $k > 0$  é um inteiro,  $s$  mônus  $k$  é a série  $s \dot{-} k$  definida<sup>9</sup> por

$$\forall u \in A^* \quad u(s \dot{-} k) = \begin{cases} us - k & \text{se } us > k \\ 0 & \text{senão} \end{cases}$$

Sabe-se há muito tempo que as  $\mathbb{N}$ -séries reconhecíveis são fechadas por mônus:

**Teorema 1** (Schützenberger 1970): *Se  $s$  é uma  $\mathbb{N}$ -série reconhecível, então, para todo inteiro  $k > 0$ ,  $s \dot{-} k$  também é.*

O Teorema 1 permite, entre outras coisas, decompor uma série limitada por  $k$  como uma união de  $k$  séries características não-ambíguas (ou seja, as multiplicidades são todas 0 ou 1), através da iteração  $k$  vezes da construção para  $s \dot{-} 1$ . Mas, esse procedimento produz uma torre de exponenciais, como Jacques observou em sua comunicação na conferência MFI99 [41], ao mesmo tempo em que conjecturou a possibilidade de que duas exponenciais seriam suficientes, em razão do trabalho de Weber sobre as relações  $k$ -valoradas. Nós mostramos que é possível fazer com *uma exponencial*:

**Teorema 2:** *Seja  $\mathcal{A}$  um  $\mathbb{N}$ -autômato com  $n$  estados, que realiza a série  $s$ . Para todo inteiro  $k > 0$ , existe um  $\mathbb{N}$ -revestimento  $\mathcal{L}$  de  $\mathcal{A}$  com no máximo  $n(k+1)^n$  estados tal que: para todo  $i$ ,  $0 \leq i < k$ ,  $\mathcal{L}$  tem um sub-autômato não-ambíguo  $\mathcal{S}^i$  que realiza a série característica do suporte de  $s \dot{-} i$ ;  $\mathcal{L}$  tem um sub-autômato  $\mathcal{P}$  que realiza a série  $s \dot{-} k$ .*

Como acabamos de discutir, esses elementos podem ser extraídos de um revestimento lexicográfico construído sobre  $\mathcal{A}$ . Isso é o que chamamos de prova estrutural: a prova consiste na construção de um revestimento, ou outro objeto, sobre o autômato em questão; ela emerge de propriedades que podem ser *lidas* nesse objeto.

O Teorema 2 não é extraordinário no sentido de que não resolve um problema resistente, impávido diante de outras tentativas de ataque. Mas responde a uma pergunta pendente na área, traz uma novidade, então, é digno de ser apresentado à comunidade. A oportunidade veio na conferência AutoMathA 2007, um evento do projeto de pesquisa [AutoMathA: from Mathematics to Applications](#) executado de

<sup>9</sup>Ao invés de escrever  $s(u)$  para a multiplicidade de  $u$ , utilizo aqui a notação posfixa onde o argumento vem antes da função. Essa notação tem diversas vantagens, por exemplo quando se opera com composição de funções, e foi bastante popularizada por Eilenberg na Teoria dos Autômatos.

2005 a 2010 sob os auspícios da *European Science Foundation*. Embora não se tratasse de uma conferência recorrente, essa foi para mim a primeira oportunidade de falar a uma audiência internacional. O local, lindo e poético, Mondello, distrito de Palermo, a capital da velha Sicília. A conferência, em um belo hotel junto ao Mediterrâneo, no qual o financiamento de meu departamento permitiu que eu me hospedasse.

Claro que toda essa espetacular novidade me subiu à cabeça; mas, novamente, o karma ou algo assim trouxe uma nova tribulação que me devolveria à Razão. Na data de minha viagem a Palermo, tomando-me por o agente internacional da Ciência, ao alcançar o guichê da hoje extinta Alitalia, sou informado de que eu... perdera o embarque. Tomado de repentino e irremediável horror, passei a suplicar que me abrissem as portas para o voo que ainda estava em solo, enumerando razões inquestionáveis, que colocavam em risco o futuro da Ciência européia e mundial. Além disso, meu atraso se deu por um motivo tão galante! Em 2006 comecei a namorar uma recifense, Maria do Carmo, hoje minha esposa, que era doutoranda em Nancy, na área de tratamento de efluentes. A França já não é tão grande; adicione a isso uma rede extensa de transporte, especialmente por via férrea, e teremos os brasileiros residentes como que formando uma grande família, na qual fico na casa do amigo de meu amigo quando visito o Norte, e ele faz o mesmo quando vem a Paris. Na data da viagem, ela estava em Paris; ela voltaria para casa, eu iria a Palermo, fui com ela até a *Gare de l'Est*, de onde partia o TGV para Nancy, e de lá, corri para o aeroporto.

Minha primeira apresentação em conferência, um marco em minha carreira científica, tão celebrado, planejado e prelibado, e eu corria o risco de não estar lá! Felizmente, o cuidado extremado que dispensei ao planejamento da viagem me levou a reservar um voo com exagerada antecedência, talvez já imaginando que o Imponderável me assaltaria no dia da viagem, e mesmo assim, eu teria tempo de me recuperar. Era uma manhã, e passei o dia buscando possibilidades no aeroporto, as mãos trêmulas, o espírito convulsionado pelas tentativas infrutíferas de formular justificativas plausíveis para minha iminente ausência, diante de meu departamento, meu orientador, o evento, a CAPES. Finalmente, encontrei um voo de uma companhia local, e o último obstáculo que me separava de Palermo era comprar essa passagem, porque minha limitada *carte bancaire* não estava à altura de tais urgências. Fiz várias e desesperadas tentativas de contato com Maria, que, quando atendeu, deve ter ouvido algo semelhante a *entre na Internet agora e compre uma passagem para mim*. Ela conseguiu, e no fim da tarde, parti para Palermo, no que foi uma linda viagem sobre o Mediterrâneo que fiz traumatizado, agarrando-me ao assento para que nada pudesse me tirar daquele avião e me impedir de chegar à terra de Tomasi di Lampedusa.

Felizmente a apresentação estava muito bem treinada, especialmente porque fui levado a fazê-la previamente no seminário do grupo *Automates et applications*, atualmente parte do *Institut de Recherche en Informatique Fondamentale*, unidade mista de pes-

*quisa da Université Paris Cité*<sup>10</sup>. Durante os quatro anos, às sextas, sistematicamente dirigi-me a Paris 7 na *rue du Chevaleret* para assistir os seminários promovidos por esse extraordinário grupo, nos quais eu via passar, como em um noticiário esportivo, a pesquisa de ponta na Europa em Teoria dos Autômatos. Participar desse seminário, bem como fazer como ouvinte disciplinas oferecidas pelo programa MPRI – *Master Parisien de Recherche en Informatique*, que aconteciam em instituições diversas de Paris, condições definidas desde o início por Jacques, contribuíram fortemente para minha formação – conteúdos como Teoria dos Autômatos e Lógica, autômatos sobre palavras infinitas, não se encontram em qualquer lugar. Então, eu estava aterrorizado mas preparado, apresentei o Teorema 2, e a novela siciliana teve um final feliz.

Embora 2007 tenha sido a inauguração de minha fala, a minha escuta, vinha sendo experimentada há dois anos: um dos aspectos da orientação de Jacques foi proporcionar uma grande exposição a eventos desde 2005. Acrescento à minha longa lista de agradecimentos poder contar com financiamento para participar desses eventos, dentro e fora da França, alguns locais, outros internacionais, onde não apresentei trabalho algum, mas pude entender como funcionam esses *rendez-vous* que todos os anos movimentam a comunidade. Listo a seguir aqueles de que me lembro:

- CIAA 2005 – Conference on Implementation and Application of Automata, 10th International Conference, Sophia Antipolis (França)
- NATO-ASI Physics and Theoretical Computer Science 2005, Cargèse (França)
- CANT 2006 – Combinatorics, Automata and Number Theory, Liège (Bélgica)
- Journées Montoises d’Informatique Théorique 2006, Rennes (França)
- Workshop on Symbolic Dynamics and Coding 2007, Marne-la-Vallée (França)
- Modèles de calcul, Modèles finis et Complexité CMF 2007, Nancy (França)
- Majestic 2007, Caen (França)

Mas era hora de ouvir menos e falar mais, considerando que o horizonte final de minha estadia na França, limitado a 2008, já se desenhava. E o ataque ao problema da decomposição havia amadurecido. Cabe recordar, depois da multiplicidade de multiplicidades dos últimos dois anos, que o Teorema 3 foi obtido por A. Weber [52] com uma decomposição em transdutores de tamanho proporcional a uma dupla exponencial no tamanho do transdutor  $k$ -valorado de partida  $\mathcal{T}$ . Nossa prova para

---

<sup>10</sup>Tudo isso é resultado de reorganizações recentes do sistema universitário. Quando eu estava lá, os seminários aconteciam no laboratório LIAFA (um dos componentes que deram origem ao IRIF), parte da Université Paris 7 (um dos componentes da Université Paris Cité).

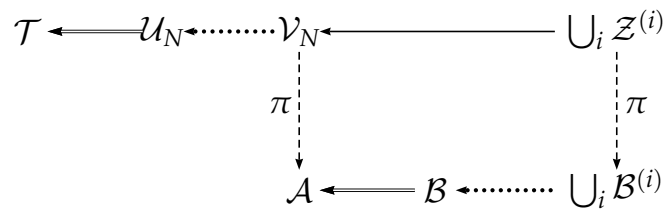


Figura 3.4: Decomposição lexicográfica de um transdutor  $k$ -valorado.

esse teorema seguiu a mesma estratégia do Teorema 2: construir um revestimento lexicográfico sobre o transdutor  $k$ -valorado  $\mathcal{T}$ , e extrair a decomposição desse objeto. Mas aqui, ao invés de representar, nos estados do revestimento, a *quantidade* de passeios menores, segundo a ordem lexicográfica, para os passeios que começam em um estado inicial, queremos representar o conjunto das *diferenças* entre as saídas desses passeios – as mesmas que ilustramos no “quadrado decorado” da Figura 3.1.

Todavia, a vida com os transdutores se mostrou mais difícil do que com os  $\mathbb{N}$ -autômatos, de forma que organizamos nossa prova para o Teorema 3 em duas etapas. Na primeira, utilizamos um revestimento lexicográfico<sup>11</sup>  $\mathcal{U}_N$  sobre  $\mathcal{T}$  e dele tiramos um sub-autômato  $\mathcal{V}_N$  equivalente, mas *k-ambíguo na entrada*. Entenda-se: para toda palavra  $u$  no domínio de  $\mathcal{T}$ , o transdutor  $\mathcal{V}_N$  tem no máximo  $k$  passeios bem-sucedidos lendo  $u$ . Nota incidental, o *motor* da demonstração de que  $\mathcal{V}_N$  é *k-ambíguo* é uma propriedade combinatória que está no coração de nossa antiga demonstração do mestrado. Em seguida, aplicamos no autômato de entrada  $\mathcal{A}$  de  $\mathcal{V}_N$  (obtido “apagando-se” as saídas das transições) uma construção de nosso arsenal: o revestimento lexicográfico para  $\mathbb{N}$ -autômatos que utilizamos para demonstrar o Teorema 2, o que nos leva ao autômato  $\mathcal{B}$  que codifica a contagem de passeios. Como  $\mathcal{A}$  é *k-ambíguo*, esse segundo revestimento nos leva a uma decomposição de  $\mathcal{A}$  em  $k$  autômatos não-ambíguos  $\mathcal{B}^{(i)}$ . Agora, uma das propriedades mais úteis da noção de revestimento entra em cena: esses autômatos produzidos se projetam nos estados e transições de  $\mathcal{T}$  (tecnicamente, são imersões no autômato de entrada de  $\mathcal{T}$ ), o que nos permite recuperar as saídas das transições projetadas. Re-inserindo essas saídas nas transições dos autômatos  $\mathcal{B}^{(i)}$ , obtemos uma decomposição de  $\mathcal{T}$  em  $k$  transdutores funcionais  $\mathcal{Z}^{(i)}$ . A construção toda está ilustrada na Figura 3.4.

Como são construídos dois revestimentos, esperamos que o tamanho dos transdutores obtidos seja uma dupla exponencial no tamanho de  $\mathcal{T}$  – empatando com o resultado de Weber. A última cartada está em uma análise fina das diferenças armazenadas nos estados desses transdutores: demonstramos que há uma quantidade linear dessas saídas, o que implica que, mesmo após a execução de dois revestimentos, o resultado final tem um tamanho limitado por

<sup>11</sup>Não dê atenção ao índice  $N$  presente nas designações dos transdutores que descreveremos; eles tem um significado que não importa aqui, e só mantive por uniformidade com a tese.

$$2^{\mathcal{O}(h\ell k^4 n^{k+4})} \quad (3.1)$$

De quebra, incrementando um pouco mais nossa técnica, pudemos responder uma questão que Weber deixou em aberto. Considere que o transdutor  $\mathcal{T}$  possivelmente não seja  $k$ -valorado, mas tenha a propriedade de que, para toda palavra  $u$  do domínio, as palavras na imagem de  $u$  tenho *no máximo*  $k$  comprimentos distintos. Por exemplo, um transdutor que atribui a todo  $u$  o conjunto de todas as palavras (sobre o alfabeto de saída) de comprimento igual a  $|u|$  não é  $k$  valorado, porque os tamanhos desses conjuntos aumentam exponencialmente no comprimento de  $u$ ; mas esse transdutor é “funcional” ou “1-valorado” nessa outra medida, que Weber chama de *length-degree*. A questão proposta por Weber pede para *decompor um transdutor de length-degree  $k$  em  $k$  transdutores de length-degree 1*. Nossa resposta veio por intermédio de uma generalização desse problema, que denominamos de *decomposição com morfismo*. Ela está expressa no Teorema 3 abaixo. A questão de Weber é um caso particular desse enunciado, onde  $\theta$  é o morfismo que leva toda palavra a seu comprimento.

**Teorema 3:** *Seja  $\tau : A^* \rightarrow B^*$  uma relação racional de imagem finita, e seja  $\theta : B^* \rightarrow C^*$  um morfismo tal que a composição  $\tau\theta$  seja uma relação  $k$ -valorada. Todo transdutor que realiza  $\tau$  pode ser decomposto em  $k$  transdutores cujas composições com  $\theta$  são funções.*

Considerando que tínhamos finalmente substância para participar do *grand slam* das conferências de teoria, Jacques solicitou que eu preparasse um artigo para submeter ao [STACS](#) – o *Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science*, estabelecido desde 1984, que em 2008 aconteceria em Bordeaux. Se ele apareceu como co-autor, é porque efetivamente me ajudou com isso: o texto, que preparei com o máximo cuidado e atenção, foi largamente revisado e transformado, o que me rendeu novas lições sobre como expressar ideias com clareza e eficiência, nesse longo curso de redação científica que iniciei no IME-USP. O artigo foi aceito, fui a Bordeaux com Maria, e ela fez a foto da Figura 3.5, momento que para mim era o ápice de minha carreira científica. Se eu tivesse um infarto após essa apresentação, estaria bom.

Após o STACS, submetemos uma versão completa de nossa comunicação para uma edição especial dedicada ao evento, a ser publicada no *Theory of Computing Systems*; nosso artigo foi aceito [43]. Esse resultado muito positivo trouxe um sentimento de segurança, uma visão de horizonte sobre a conclusão do doutorado, e me vi, finalmente, minimamente habilitado a defender. Claro que a história sobre o assunto não tinha terminado; a história nunca termina. Exemplo disso é o incômodo aparecimento do parâmetro  $k$  no expoente da expressão 3.1. Em 2015, Muchnik e Gorbunova apresentaram uma nova decomposição, na qual os tamanhos dos transdutores resultantes



Figura 3.5: STACS 2008

são uma exponencial *pura*, ou seja, o expoente depende unicamente do tamanho do transdutor de partida; todavia, o número de transdutores obtidos não é necessariamente  $k$ , e na verdade, pode ser muito maior e atingir uma exponencial no tamanho do transdutor de partida [35]. Como os mesmos dizem: cada construção tem sua vantagem. Pensando nesse incômodo  $k$ , saí do doutorado com a impressão de que o problema da decomposição poderia ser abordado no arcabouço da Complexidade Parametrizada, no qual, além do tamanho do problema, um parâmetro do mesmo entra em cena. Questão que ficou e ainda permanece no meio do caminho. E a lista de inquietações só aumenta. Uma extensão natural mas não-trivial, que leva o problema a um outro patamar de dificuldade, acaba de ser apresentada por Hsu-Chun Yen e Di-De Yen: é possível decompor um transdutor *bidirecional*<sup>12</sup>  $k$ -valorado em  $k$  transdutores bidirecionais funcionais [53]. A história se repete: essa prova é extraordinariamente difícil de seguir, longa e laboriosamente construída por intermédio de várias etapas combinatórias. Se por um lado os transdutores bidirecionais impõem a necessidade de novas técnicas e argumentos, por outro, coloca-se a necessidade de revisitar essa questão nos anos vindouros, buscando-se uma compreensão mais profunda da estrutura do problema. Também permaneceu sem resposta um problema instigante que nos foi colocado por [Dominique Perrin](#), quando fui convidado a apresentar os resultados de minha tese em Marne-la-Vallée:

*É possível decompor um transdutor  $k$ -valorado com  $n$  estados em  $k$  transdutores não necessariamente não-ambíguos, mas com tamanho polinomial em  $n$ ?*

O interesse nessa questão vem do fato de que nas decomposições que nós e Weber apresentamos, os transdutores obtidos são não-ambíguos; isso, por si só, já exige uma exponencial. Mas se esse requisito for descartado, seria possível evitar a explosão

<sup>12</sup>Falo mais um pouco sobre os transdutores bidirecionais no próximo capítulo. Após minha volta ao Brasil, acabei me engalfinhando com um problema envolvendo esses objetos.

combinatória? Dentre meus objetivos de vida, no tempo que me resta, está poder refletir sobre esse problema, o que é um duplo desafio, primeiro por se tratar de uma questão difícil, segundo, porque esse tipo de reflexão, longa e profunda, exige, pelo menos para mim, dois dos insumos mais raros nos dias de hoje, tempo e silêncio.

A sequência natural dessa linha de trabalho repousava na decidibilidade. E nessa seara, a necessidade mais imediata vinha do resultado de Gurari e Ibarra sobre o *problema da  $k$ -valoração*: dados um transdutor  $\mathcal{T}$  e um inteiro  $k$ , é decidível em complexidade polinomial se  $\mathcal{T}$  é  $k$ -valorado – Teorema 6. A prova de Gurari e Ibarra é um argumento de Teoria de Complexidade, e o resultado é tirado de uma redução entre problemas, utilizando um resultado prévio sobre a decidibilidade do vazio para autômatos com contadores. Então, a prova não permite antever nada mais preciso do que *polinomial*, e o problema da  $k$ -valoração aguardava ser melhor compreendido.

Se para decidir a funcionalidade de um transdutor  $\mathcal{T}$  construímos o quadrado  $\mathcal{T}^2$  decorado por diferenças, como ilustrado na Figura 3.1, então, para decidir se  $\mathcal{T}$  é  $k$ -valorado, nada mais imediato do que construir o produto  $\mathcal{T}^{k+1}$  e decorá-lo também, só que agora, com “tabelas” representando as diferenças entre todos os pares dos  $k + 1$  passeios projetados pelos passeios de  $\mathcal{T}^{k+1}$ ; ou seja, tentar *ler* se  $\mathcal{T}$  é  $k$ -valorado no produto  $\mathcal{T}^{k+1} \times \Delta_{k+1}$ , onde  $\Delta_{k+1}$  é o universo das tabelas de diferenças de ordem  $k + 1$ . Essa generalização parece tão natural que tentei explorá-la durante o mestrado, mas bem rápido ficou claro que o objeto  $\mathcal{T}^{k+1} \times \Delta_{k+1}$  está longe de ser evidente, e mudei de estratégia, o que culminou no Teorema 7. Agora, no doutorado, estava na hora de um novo ataque, e essa foi uma experiência memorável, por duas razões. Primeiro, por dar-me a apreciar o poder do tempo. Durante o mestrado, a construção e análise de  $\mathcal{T}^{k+1} \times \Delta_{k+1}$  me pareceram absolutamente intangíveis. Havia o prazo, que era cruel; mas também o horizonte não deixava entrever nenhum caminho que futuramente pudesse ser trilhado, e eu me sentia cego. No doutorado, as névoas se dissiparam, o que me mostrou que o tempo, na pesquisa, produz amadurecimento e descerra realidades antes escondidas. Outro motivo de meu apreço por esse resultado foi um novo momento de epifania, um desses raros instantes em que nossa mente se ilumina como que acometida por um raio, que recordou, em termos de beleza e entusiasmo, o momento na biblioteca do IME-USP, em que o argumento crucial para a demonstração do teorema da decomposição surgiu diante de meus olhos. Durante quatro anos de reflexão, dentre as nergas de novas ideias que me foram facultadas contemplar, a visualização do que chamamos de *transversal*<sup>13</sup> de  $\mathcal{T}^{k+1} \times \Delta_{k+1}$  talvez tenha sido a mais recompensante. Tentando, sempre, não aborrecer o leitor, falo a

<sup>13</sup>Mesmo apelido do *Cross-Section Theorem* que comentamos no capítulo anterior, mas o termo *transversal* aqui quer dizer algo totalmente diferente.

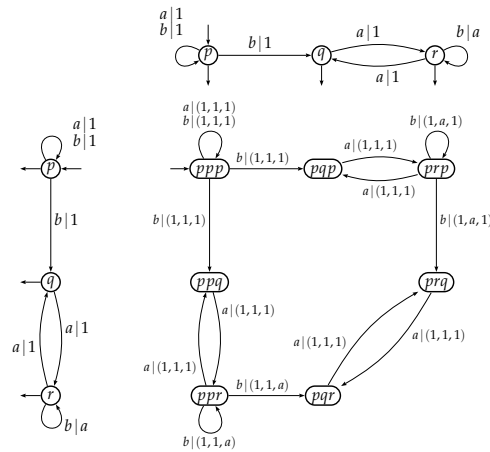


Figura 3.6: Parte do cubo de um transdutor. A primeira componente é fixada no estado  $p$ . A segunda e a terceira se projetam acima e à esquerda, respectivamente.

seguir um pouco desse resultado, que se tornou um dos pilares de nossa pesquisa.

A dificuldade de lidar com  $\mathcal{T}^{k+1} \times \Delta_{k+1}$  é que esse produto pode ser infinito mesmo se  $\mathcal{T}$  for  $k$ -valorado; o motivo, intuitivamente, é que, se um par de passeios de  $\mathcal{T}^{k+1}$  tem a mesma saída, nada impede que outros pares tenham um comportamento qualquer. A Figura 3.6 mostra parte do cubo de um transdutor  $\mathcal{T}$ , e a Figura 3.7, a decoração desse trecho. Cada retângulo cinza agrupa as tabelas de diferença associadas a um único estado de  $\mathcal{T}^3$ , e esforcei-me para deixar claro que esses conjuntos de diferenças são infinitos porque, em certas posições das tabelas, as diferenças “explodem”. Mesmo assim, esse transdutor é 2-valorado, e isso pode ser lido nas tabelas: em cada uma, há *pelo menos uma posição contendo a palavra vazia*.

Uma representação de  $\mathcal{T}^{k+1} \times \Delta_{k+1}$  por intermédio de um objeto finito ocorreu-me nas férias de verão 2007, que passei em Nancy com Maria. Na Europa, as férias universitárias são levadas a sério – os prédios e mesmo as cidades se esvaziam. A vida transcorre através de largos momentos de placidez, onde se pode visitar um museu, encontrar os amigos, viajar, ou, pensar. E em uma noite em que minha cabeça fervilhava, valendo-me do silêncio absoluto e da preciosa liberdade de espírito proporcionada por esse isolamento do mês de agosto, consegui enxergar uma alternativa, em uma cuidadosa reflexão que durou a noite inteira. No conjunto potencialmente infinito de tabelas associadas a um estado de  $\mathcal{T}^{k+1}$ , seria possível desprezar algumas posições, sem prejuízo da leitura da propriedade relevante, ou seja, da valoração de  $\mathcal{T}$ . As demais posições, chamemo-las de essenciais, mostraram possuir propriedades preciosas: primeiro, mantendo-se essas posições somente, a quantidade de tabelas resultante não somente é finita, como é limitada por uma expressão que depende somente de  $k$ ; segundo, essas tabelas são *estáveis* nos componentes fortemente conexos

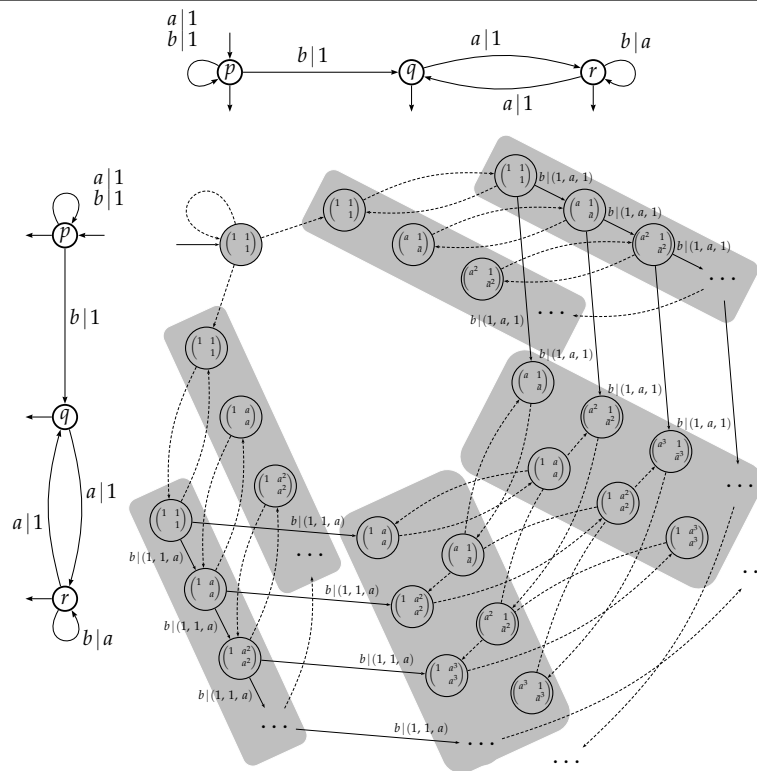


Figura 3.7: A expansão  $\mathcal{T}^3 \times \Delta_3$  para o cubo ilustrado na Figura 3.6.

de  $\mathcal{T}^{k+1}$ , de forma que conhecendo-se uma, todas as demais do mesmo componente podem ser derivadas; terceiro, as tabelas de cada componente dependem unicamente daquelas presentes em componentes anteriores em uma ordem topológica do grafo quociente de  $\mathcal{T}^{k+1}$ . A Figura 3.8, posta aqui sem maiores explicações, ilustra esses conjuntos finitos para nosso exemplo. Essas novas ideias, embora simples, exigiram para seu discernimento uma meditação profunda sobre uma propriedade indutiva dessas tabelas, como se eu espreitasse uma borboleta delicada que eu deveria capturar. A aurora do dia pareceu a representação de um novo capítulo de minha tese.

Retornando a Paris, apresentei a ideia a Jacques e a Sylvain Lombardy, em longos desenhos no quadro de seu *bureau*, com o melhor de meus esforços para transmissão de um conteúdo intrincado – habilidade cujo desenvolvimento não cabe em uma vida. Malgrado minhas dificuldades (nessa altura já bastante toleradas), a mensagem foi transmitida, e ficou claro que tínhamos alguma substância ali para ser desenvolvida em novas semanas de descarte e reescrita de texto. Como resultado final, nossa construção facultou um teste da  $k$ -valoração de um transdutor em complexidade

$$\mathcal{O}(\ell n^{k+1} m^{k+1})$$

onde  $n$  e  $m$  são os números de estados e transições de  $\mathcal{T}$ , respectivamente, e  $\ell$  é o má-

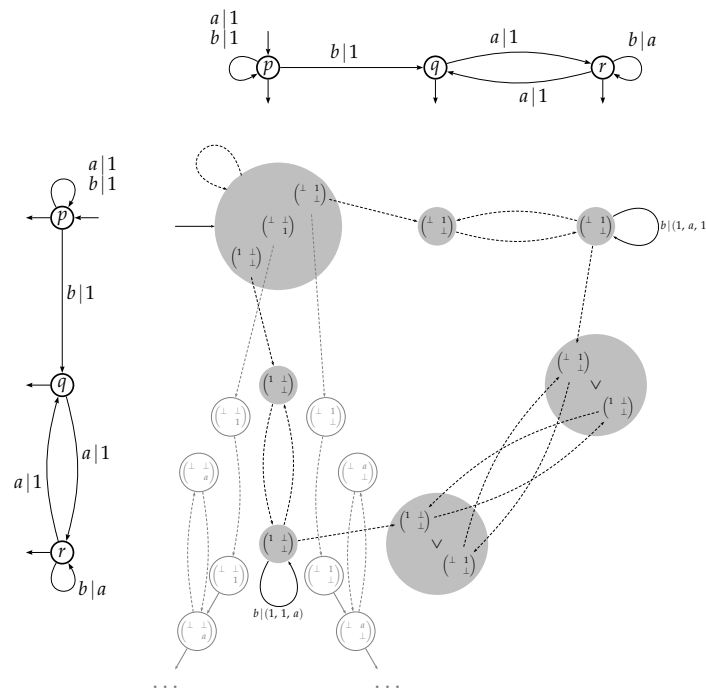


Figura 3.8: As transversais (posições essenciais somente) das diferenças associadas à expansão  $\mathcal{T}^3 \times \Delta_3$  para o cubo ilustrado na Figura 3.6.

ximo dentre os comprimentos das saídas das transições. Relativamente ao resultado de Gurari e Ibarra, tínhamos uma prova elaborada unicamente sobre o transdutor e um algoritmo com uma complexidade claramente calculada.

Nessa época, estava vigente a chamada da MFCS – *Mathematical Foundations of Computer Science*, que ocorreria em 2008 em Torún, Polônia, cidade natal de Copérnico. A MFCS era outro grande sonho, por ser uma das mais antigas grandes conferências da área – sua primeira edição foi em 1972. Jacques deu o sinal verde para submetermos nossa prova da  $k$ -valoração, juntamente de um resultado relacionado, mas diferente, no qual também estávamos trabalhando: a *decidibilidade da finitude da valoração*. O leitor já sabe que falarei sobre isso, mas só um pouquinho.

Nesse problema, dado um transdutor  $\mathcal{T}$ , queremos saber se *existe um inteiro  $k$  tal que  $\mathcal{T}$  seja  $k$ -valorado*, ou seja, se os conjuntos de saída são limitados por algum inteiro. Esse é um tipo de pergunta recorrente em Teoria dos Autômatos: é decidível se a série realizada por um autômato tem algum limite superior? As respostas vão do evidente ao aberto, e no caso dos  $\mathbb{N}$ -autômatos, é baseada em um conceito de *padrões proibidos de passeios*. A Figura 3.9 ilustra um desses padrões, em nosso contador de  $b$ 's; é a presença desse padrão que permite afirmar que a série realizada não é limitada. De fato, como vimos, as multiplicidades são as quantidades de  $b$ 's – ilimitado.

Arnaldo Mandel e Imre Simon mostraram em 1977 [30] que há dois padrões





Figura 3.11: MFCS 2008

Os padrões de passeios do Teorema 4 podem, finalmente, ser testados em complexidade

$$\mathcal{O}(\ell n^3(n^3 + m^3))$$

Esses dois problemas de decisão, ambos sobre a valoração de transdutores, compuseram nossa submissão, que foi aceita e apresentada no MFCS 2008. Nessa nova viagem linda e memorável, o único incidente foi uma incerteza de que, após descer no Aeroporto de Varsóvia-Chopin, eu havia entrado no transporte correto. No trajeto de trem de pouco mais de duas horas, cujo destino eu esperava preocupadamente que fosse Torún, felizmente um rapaz, notando minha fisionomia diferente, perguntou, em Inglês, de onde eu era e para onde eu iria. Depois, traduziu minha resposta para uma senhora muito simpática, acredito que sua avó, que abriu um sorriso e passou a falar comigo efusivamente em polonês. Só consegui discernir o som de *Brazilia* e de algo parecido com Torún – parecia *Torunia*. A ambiência medieval de Torún funcionou como um pano de fundo poético para aquela bela exposição de resultados de fronteira. As fotos na Figura 3.11 foram feitas pelos organizadores.

Além das reflexões em torno do produto  $\mathcal{T}^{k+1} \times \Delta_{k+1}$ , outro acontecimento nas férias de verão de 2007 vieram moldar meu futuro acadêmico. Eu e Maria decidimos voltar casados da França para o Brasil, e decidimos nos instalar em Recife. A execução desse intento foi particularmente penosa, porque, por algum motivo, a burocracia francesa e a consular se esforçaram para nos convencer a deixar essa cerimônia para o Brasil. Um diálogo particularmente cerrado, em um desses setores, pareceu a alteração entre o Commendatore e Don Giovanni sobre a salvação da alma deste último, na ópera homônima de Mozart, precisamente no trecho começando às duas horas e cinquenta e sete minutos [desta gravação](#). Finalmente, vencemos a resistência e nos casamos em quatro de junho de 2008 no Consulado-Geral do Brasil em Paris. Hoje podemos dizer que nos casamos e tivemos nossa lua de mel em Paris, mesmo sendo estudantes sem um centavo no bolso. Como plano para minha instalação em uma

localidade onde nunca pus os pés, após tanto tempo palmilhando terras estrangeiras, entrei em contato com Prof. [Ruy de Queiroz](#), do CIn-UFPE, propondo desenvolver lá um projeto na modalidade DCR – Desenvolvimento Científico Regional, da FACEPE. Esse foi um planejamento cuidadoso, pensado com um ano de antecedência de meu retorno, mas nunca executado, porque, como comento no próximo capítulo, meu destino ao voltar ao Brasil foi totalmente diferente.

Os resultados apresentados em Bordeaux e Torún permitiram vislumbrar os muros e colunas de uma tese, e a abóbada veio em uma última investida nesses meses finais. Do ferramental que desenvolvemos para a decomposição e a decidibilidade da  $k$ -valoração, emergiu uma construção para decidir a *equivalência* entre dois transdutores  $k$ -valorados (que enunciamos no capítulo anterior como Teorema 5). Em geral, a equivalência é indecidível para transdutores, resultado antigo [20], e para os transdutores  $k$ -valorados, a decidibilidade da equivalência foi apresentada primeiramente em 1986 por K. Culik e J. Karhumäki [7], e em 1983 por Weber [51]. A história se repete: a prova de Culik e Karhumäki não tem menção alguma à complexidade<sup>14</sup>, e a de Weber é baseada em uma decomposição de transdutores em uma quantidade *exponencial* de transdutores funcionais, o que redundava em um algoritmo cuja complexidade é uma dupla exponencial. No mestrado, elaboramos uma prova combinatória, e sequer nos preocupamos com a complexidade subjacente. Agora, percebemos que ao decompor um transdutor  $k$ -valorado  $\mathcal{T}$ , com o revestimento lexicográfico, e aplicar, *em um produto dos transdutores resultantes da decomposição*, a valoração finita que utilizamos no problema da  $k$ -valoração, terminaríamos com objeto no qual poderíamos *ler* se a relação realizada por  $\mathcal{T}$  está contida na realizada por outro transdutor  $k$ -valorado. Esse procedimento melhorava o resultado de Weber, porque conseguimos limitar a complexidade, de uma ponta a outra da construção, à expressão seguinte, que, à parte o insistente parâmetro  $k$ , é da ordem de uma exponencial no número de estados  $n$  (nessa expressão,  $h$  é o tamanho do alfabeto de saída):

$$2^{\mathcal{O}(h\ell k^5 n^{k+4})}$$

Elaborei um *draft* dessa prova e apresentei a Jacques, que autorizou que eu me lançasse a um desafio novo: uma primeira experiência solo de redação. Agora, o alvo era a DLT – *Developments in Language Theory*. A DLT é uma conferência anual bastante querida pela comunidade de linguagens formais, e em 2008 seria realizada em Kyoto. A perspectiva de uma viagem ao Japão foi um estímulo adicional à redação dessa submissão, que para meu espanto foi aceita. Uma viagem ao Japão, financiada

---

<sup>14</sup>Por outro lado, é mais geral em um aspecto, que não vem ao caso aqui.

pelo departamento, para apresentar o resultado derradeiro de nossa pesquisa – eu não poderia esperar um remate mais bonito, nem uma viagem tão bonita. De Paris subimos a Helsinque, de onde sairíamos da Europa. Fui interrogado na imigração, com a justificativa de que há muita gente ilegal na Europa – talvez um latino saindo da França para o Japão tenha chamado atenção. Voamos sobre a Sibéria – maravilhoso estar próximo dos confins do planeta – e durante boa parte da viagem, dois finlandeses muito alegres e dispostos a conversar insistiam em me chamar de *Lula*. Kyoto é um sítio exuberante, indescritível, repleto de templos milenares e de tradição. Os poucos dias em que passei lá, a maior parte do tempo na conferência, escorreram como areia, e a principal lembrança foi uma visita ao extraordinário templo *Kiyomizu-dera*. A impressão que tive dos japoneses foi a melhor possível. Tínhamos mais um artigo para sustentar nosso trabalho [9] e voltei do Japão com o objetivo único de defender.

Jacques montou uma banca de alto nível. Karhumäki, que tanto citei, estava nela, Jean Berstel também – nomes que, no mestrado, em meu imaginário, figuravam em um panteão de entidades imateriais (tenho consciência da matutice que essa declaração encerra). Helmut Seidl, de Munique, que havia trabalhado com Weber nos resultados que remexi ao longo dos últimos anos, estava nela, como um dos *rappor-teurs*, ou seja, apresentaria um relatório sobre a tese. Como eu havia escrito a tese em francês<sup>15</sup>, Jacques me enviou a Munique para explicar pessoalmente meu trabalho<sup>16</sup>. Completaram essa seleção estelar Sylvain Lombardy, Olivier Carton, Géraud Sénizergues e Gérard Cohen. Esse aparato todo está representado na Figura 3.12.

Para alívio do leitor, não tenho, curiosamente, memórias muito claras da defesa, nem fotos: Maria e outros amigos brasileiros já haviam voltado ao Brasil. Talvez porque tudo tenha acontecido muito rápido. Lembro-me de uma pergunta de Géraud Sénizergues, que me questionou sobre as pontes com a Lógica dos objetos que estudei, a que respondi (para horror de Jacques, talvez) com um sincero “a melhor resposta que posso te dar é não sei”, porque, infelizmente, essa é uma seara onde não fiz uma mínima incursão. É até poético que a memória mais clara de minha defesa, após esses anos de estudo, seja uma confissão de ignorância, e isso diante de uma banca formada por baluartes da Teoria dos Autômatos na Europa. Recordando a inesquecível primeira reunião com Jacques, parecia que meu conhecimento da Teoria

<sup>15</sup>Surpreendeu-me o fato de que Jacques não somente autorizou como apreciou minha escolha pelo francês, a despeito de diversos atentados à língua pátria que sei que produzi.

<sup>16</sup>Ocasão em que foi lavrada minha ficha policial na Alemanha. Embevecido com aquela cidade, e aquela instituição que eu visitava, a *Technische Universität München*, não percebi, em determinada ida ao metrô, que eu precisaria validar o bilhete na entrada da estação. Policiais de pronto me levaram a um escritório, onde argumentei minha distração, a ausência de intenções de burlar as regras locais, minha condição de cientista, tudo ignorado. Paguei a multa de cinquenta euros, minha ficha foi produzida, meu passaporte devolvido, e me revesti da mais germânica das prudências no restante da viagem.

Etude structurelle  
des transducteurs de norme bornée

THÈSE

pour l'obtention du titre de  
Docteur de TELECOM Paristech  
Spécialité Informatique et Réseaux

présentée par  
Rodrigo de Souza  
devant le jury composé de

M. Jean Berstel	(Université Paris-Est Marne-la-Vallée, Président)
M. Olivier Carton	(Université Paris Diderot, Rapporteur)
M. Helmut Seidl	(Technische Universität München, Rapporteur)
M. Sylvain Lombardy	(Université Paris-Est Marne-la-Vallée, Examineur)
M. Géraud Sénizergues	(Université Bordeaux I, Examineur)
M. Juhani Karhumäki	(Université de Turku, Examineur)
M. Gérard Cohen	(TELECOM ParisTech, Examineur)
M. Jacques Sakarovitch	(TELECOM ParisTech, Directeur de thèse)

Figura 3.12: Frontispício da tese de doutorado.

não tinha, no fim, mudando tanto. A *Síndrome do Impostor* é quase inevitável no pós-graduando, e até hoje carrego a impressão de que se estudei tanto esse assunto, foi para entender o quão distante de sua compreensão estarei fadado a permanecer. Dito de outra forma, minhas lacunas de conhecimento na vastidão do universo desse maravilhoso corpo científico que é a Teoria dos Autômatos, os resultados que admiro de longe e quero muito um dia perscrutar, penetrar e entender, com a mesma curiosidade infantil da época do colégio, colocam minha pesquisa em escala bem pequena nesse universo, recordando a dimensão da Terra na famosa fotografia *pálido ponto azul*.

De toda forma, o doutorado, esse sonho, estava finalmente consumado. A defesa foi bem-sucedida, e terminei com menção *très honorable*.

Quis eximir o retorno de Paris de toda a sensação de ruptura; então, nos últimos dias, mantive-me fixado, absorvido em meus problemas (especialmente na questão em aberto de Dominique Perrin) para, no último dia, era outubro de 2008, entregar despretensiosamente as chaves, deixar parte de minhas roupas em um contêiner público de doações para o inverno, pegar o RER para o aeroporto e entrar bem rápido no avião, um vôo da TAP para Recife. Em Recife, o inesperado, a família de Maria me aguardava no aeroporto. Levaram-me para ver Boa Viagem, conheci minhas tias, ingressei na família lá mesmo, e desde então sou tão bem tratado, que sou testemunha

### 3.2.3 Theorem 3.3 back on the loom

It is frustrating<sup>27</sup> that the proof of the beautiful Theorem 3.3 consists of an *ad hoc* construction and does not find its natural place with the Rational Uniformisation Theorem and the Weak Decomposition Theorem, as another consequence of the construction of the Schützenberger covering which we have already showed carefully in Chapter II. In fact, the aim of weaving Theorem 3.3 into the cloth of our study is not out of the question: a weaker proposition, but which loses nothing essential, fits in perfectly with the general pattern that we have laid down.

Note that, by definition, each non-zero entry of  $M_{\text{lex}}$  is a monomial; that is, is a word of  $B^*$ , and that if  $M$  is *prefix*,  $M_{\text{lex}}$  is *row monomial*. If  $X$  and  $Y$  are matrices of the same dimension over  $\mathfrak{P}(B^*)$ , we say that  $X$  is *contained* in  $Y$  if for all indices  $(p, q)$ ,  $X_{p,q} \subseteq Y_{p,q}$ . There then follows:

**Lemma 3.11** *Let  $M$  and  $N$  be two matrices over  $\mathfrak{P}(B^*)$ . If  $M$  is a prefix matrix, then  $M_{\text{lex}}N_{\text{lex}}$  is contained in  $(MN)_{\text{lex}}$ . ■*

<sup>27</sup>Perhaps not for the reader, but certainly for the author. *Note added in translation:* the frustration has been alleviated by the recent work of R. de Souza and the author which reunites all these constructions in a common framework; see bibliographic notes.

Figura 3.13: Trechos da Seção 3.2.3 do *Elements of Automata Theory*, p. 689.

viva do renome do Nordeste em acolher quem quer que seja em suas terras.

Assim como fiz no capítulo anterior, quero concluir com uma palavra de agradecimento e admiração a meu orientador, Jacques Sakarovitch. Certamente, ele nunca lerá essas linhas, o que me libera de qualquer escrúpulo sobre o que virá escrito.

Se eu quisesse destacar um aprendizado dentre os muitos que tirei desses quatro anos, seria o de ter sido levado a conhecer o peso da palavra *insatisfatório*. Insatisfação é uma qualidade típica de Jacques. Foi o que o levou a reescrever diversos resultados centrais na área, combatendo o bom combate da *batalha contra o caos* na citação de Dijkstra. Um problema não está resolvido até que suas mais recônditas estruturas sejam iluminadas, o que inevitavelmente ocorre com clareza, simplicidade e beleza. Mas a insatisfação é só uma parte de um propósito maior, o compromisso com o desenvolvimento da Teoria dos Autômatos enquanto área de conhecimento, dentro da Matemática, ou seja, como edifício composto por técnicas, ferramentas e resultados que precisam ser evidenciados, relacionados entre si e com conceitos estabelecidos da Álgebra Linear e outros domínios que se avizinham da natureza da área. Essa atitude permeia sua monumental obra de referência sobre o *chão de fábrica da hierarquia de Chomsky*, *Elements of Automata Theory*, aparece em suas publicações, mas para mim, sobretudo, esteve presente em sua orientação. Na Figura 3.13, destaco um trecho que acho paradigmático dessa atitude. O mencionado Teorema 3.3 havia sido demonstrado, mas com um argumento *ad hoc*, o que é *insatisfatório* e mesmo *frustrante*. Na Seção 3.2.3, o teorema é rediscutido no âmbito de um ferramental geral e unificado na área das relações racionais. Tomei a liberdade de também copiar a nota de rodapé porque apareço nela, meramente por vaidade. Quando cheguei a Paris, Jacques empreendia a tradução da obra para Inglês, e figurar em algumas partes dessa versão é o melhor atestado de que dei alguma contribuição à área.

Jacques me disse certa vez que, pelo fato de estar sempre muito ocupado, não

podia ser um orientador condizente com a necessidade de formação em um doutorado. Era seu ponto de vista; no meu, tive a oportunidade de discutir com esse grande espírito cada propriedade que fez parte de minha pesquisa, de poder contar com sua atenção sobre essas ideias, o que enfatizei nos *Remerciements* de minha tese:

*Cette thèse, la totalité des resultats qu'elle présente, est le fruit de une collaboration étroite avec Jacques Sakarovitch.*

Foi um enorme privilégio passar quatro anos aprendendo a seu lado, através da observação e imitação certamente, mas também por intermédio de “chamadas à realidade” ou “desvios de rota” impostos em reuniões que às vezes recordavam (de leve) aquela primeira. Tudo necessário para que o norte não fosse perdido e meu trabalho degenerasse. Essa firmeza, sempre esteve acompanhada de um bom humor indissociável de sua personalidade. Em uma das últimas mensagens que troquei com ele, não me lembro o contexto, escrevi a típica frase que não ficaria impune: *ainda sou um aprendiz*. Na resposta, ele passou a se referir a mim como *Rodrigo, l'apprenti*.

Ainda nos agradecimentos, exponho o que entendia ser um meio de retribuir:

*Que ma carrière naissante de chercheur, déjà profondément marquée par son influence, lui soit mon meilleur remerciement.*

Considerando, hoje, minha carreira de pesquisador, percebo que ainda não sou grato o suficiente.



*Muß es sein? – Es muß sein!*

Ludwig van Beethoven, Op. 135

# 4

## Recife

Este capítulo tem um propósito colateral, que é contar uma história, a história do Departamento de Computação da UFRPE (DC). É um departamento novo no momento em que escrevo este memorial, então, hoje, a história não é longa, mas é rica, complexa e sofrida, de forma que, a bem da verdade, o que o leitor encontrará aqui não é a história toda, mas uma lembrança de momentos que me impressionaram, um recorte particular e incompleto de eventos, que além do mais possam contemplar o aspecto útil de servir ao propósito deste texto. Mesmo a narração desses eventos será superficial, pois cada um traz consigo longas linhas de discussão, à época por email e em reuniões presenciais, discussões crivadas de decisões, revogações de decisões, análises de risco e de conjuntura, alianças e rompimentos. Vivenciei e vivencio essa história, então essa será uma visão testemunhal, mas é a *minha visão*, excusado advertir. Outros colegas se manifestarão a tempo com seus respectivos relatos, e espero que futuramente possamos compor um mosaico e publicá-lo em um volume comemorativo dessa trajetória coletiva de entregas, lutas e sucessos. Quem sabe o farão em memoriais vindouros – colegas que estiveram lá, nas origens, estão, também neste momento, vislumbrando sua saída da Roda do Samsara das progressões.

Retornando de Paris, após aterrisar e passar alguns dias em Recife<sup>1</sup>, permaneci até o fim de 2008 em São Roque. Foi quando Maria me chamou atenção para

---

<sup>1</sup>Ou *no Recife*.

um concurso aberto na UFRPE na área de Teoria da Computação, com pontos que na maioria eram, surpreendentemente, de Teoria dos Autômatos. Eram duas vagas do projeto [REUNI](#), e nos anos seguintes, diversas outras vagas REUNI foram abertas, resultando em um volume incomum de concursos na primeira metade da década de 2010, movimento que foi crucial para a estruturação do futuro corpo docente do DC. Montei meu *dossier* e enviei a inscrição via correios, sem nenhuma expectativa, muito em razão do engajamento cuidadosamente alinhado com Prof. Ruy Queiroz. De fato, minhas expectativas e preocupações, nesse retorno ao Brasil, repousavam exclusivamente na instalação de uma pesquisa no CIn, por ao menos três anos, duração do projeto DCR, tempo suficiente para uma preparação robusta para concursos futuros.

O DCR foi aprovado pouco antes do referido concurso, e iniciei a sua execução imediatamente, retornando com afinco aos problemas de meu doutorado, rompendo o que eu entendia na época ser um breve interstício em minha pesquisa, uma pausa para organização pessoal. Com absoluta segurança, por dispor de alguma verba para participação em eventos internacionais, aperfeiçoei um certo ponto de minha tese e submeti um artigo para o [DLT 2009](#), que seria realizado na maravilhosa Stuttgart. Em minha fantasia, empedernia-se a certeza da manutenção das condições francesas para se fazer pesquisa, o que equivale a dizer que eu imaginava, positivamente, que nos anos vindouros, eu permaneceria circulando por grandes conferências internacionais. É natural retornar um pouco ou muito desatento de um doutorado.

Minha instalação em Recife deixou-me pouco tempo para estudar, de forma que fiz o concurso essencialmente com minha bagagem já consolidada. Duas vagas, e dois candidatos, bastava não ser reprovado. Uma primeira impressão de que essa universidade, estranhamente, me chamava. Terminei em primeiro, embora o outro candidato tivesse um currículo bem melhor, e há um motivo claro para isso. Tendo sido sorteado um ponto de Teoria dos Autômatos na prova escrita, o que fiz na prova foi despejar, agressivamente, um conteúdo de fronteira, que estava vívido em minha memória, de palestras nos seminários de Chevaleret ou em conferências que eu assistia há poucos meses. Um conteúdo vedado a quem não estivesse acompanhando a área como se acompanha um time de futebol ouvindo notícias todos os dias em um radinho. Então, no início de 2009, eu era professor da UFRPE, para minha surpresa, integrando o corpo docente do DEINFO – Departamento de Estatística e Informática, que futuramente se desmembrou no DC. Uma drástica mudança de rota para esse início de carreira. Nesse ínterim, meu artigo era aceito no DLT 2009 [10].

Quisera eu que essa nova etapa da vida fosse inaugurada por um novo acidente fisiológico, como queda de cabelos, fazendo eco à extração da vesícula e o *situs inversus*! Mas a novidade, dessa vez, foi no âmbito da saúde mental. Com a posse na UFRPE, meu DCR foi cancelado e, da noite para o dia, vi-me totalmente desprovido de recursos para participar do DLT, o que me causou um angustiante embarço in-

ternacional. Na época, a Coordenação Geral dos Programas de Pós-Graduação estava sob responsabilidade de Prof. [Marcelo Carneiro Leão](#), futuro reitor, e nosso primeiro diálogo<sup>2</sup>, ele não se lembrará, foi quando subi à pró-reitoria para suplicar financiamento da UFRPE, reativando meu já bastante gasto discurso apocalíptico. Ocorre que, como ele explicou, não se tratava de haver ou não recursos, mas sim de uma vedação ao uso de recursos para viagens internacionais. A saída derradeira seria solicitar apoio para participação em eventos junto à FACEPE; fi-lo de imediato. Enquanto aguardava a resposta, aterrorizado diante dessa repentina e brutal destruição de meus planos, mantinha um diálogo ambíguo com o *chair* do evento, não dizendo que iria nem que não iria, enquanto sustentava que *o problema está sendo gerenciado*. Talvez eu devesse simplesmente ter retirado o artigo, mesmo aceito; hoje, talvez, é o que eu faria. Na época, essa opção me parecia um intolerável enxovalho mundial. O desespero oriundo do imbróglio, jamais imaginado, levou-me pela primeira vez à terapia.

Somou-se a essas desventuras um primeiro ano desconcertante de atuação na UFRPE, que mais se me afigurou como uma espécie de rito de passagem. Bracejei para ambientar-me às disciplinas em que fui alocado em 2009, e reaprendi *on the fly* a ser professor, atividade que exige múltiplas habilidades, como a diplomacia e uma certa habilidade de leitura da turma. Em particular, uma Introdução à Computação para o curso de Economia Doméstica, que, na ementa, tratava de programação, mas, na prática, supunha o ensino de uma visão geral sobre o uso de computadores, exigiu um esforço coletivo meu, da turma e da coordenação de curso para ser finalizada satisfatoriamente. Ao longo do ano, busquei sofregamente condições ambientais para escrever os três volumes de um material didático para a disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados por convite da [Unidade Acadêmica de Educação a Distância da UFRPE](#), experiência não somente exigente, mas dolorida, pelo ineditismo de ter de sustentar um processo criativo concomitante a tantas outras atividades, urgentes e inexoráveis, que me sequestravam o espírito<sup>3</sup>. Também no decorrer do ano juntei os cacos de meu projeto DCR, busquei melhorá-lo, eliminando algumas estranhas crendices de quem ainda não se desvinculara do doutorado, para pleitear novos financiamentos junto à FACEPE. Tudo sem sucesso: projeto reconstruído e equipe montada, em duas submis-

---

<sup>2</sup>Futuramente tive muitas outras conversas, quando me tornei diretor de departamento.

<sup>3</sup>Admito que pareço aqui desproporcionalmente queixoso. Sem querer apresentar defesas, acho útil, para ilustração de um aspecto ainda pouco considerado na academia, comentar uma condição que de certa forma definiu minha atividade mental desde a infância. Para mim, sempre foi um obstáculo intransponível manter uma reflexão mais profunda diante de outras atividades cotidianas exigindo minha atenção. A reflexão se perdia, se dissipava, como uma chama tênue, inviável diante da ventania. Essa dificuldade não somente me incomodava, como impactava seriamente meus estudos. Nas vezes em que consegui penetrar em um assunto, foi por intermédio de uma concentração continuada, lenta, como uma válvula que se aquece. Recentemente, após meses de terapia, e avaliações diversas no âmbito da Neuropsicologia, onde busquei investigar esse comportamento, recebi o laudo surpreendente de autismo, em nível moderado. Hoje está claro que minhas pesquisas de mestrado e doutorado seriam inviáveis sem as bolsas, que compraram mais do que meu aluguel e meu alimento: compraram silêncio.

sões em 2010 (editais APQ), meu pedido foi indeferido. Parecia que eu me enredava na docência e me distanciava da pesquisa, malgrado meus esforços. Tingindo esse estado de coisas de matizes de crueldade, vinha a dificuldade de encontrar espaços para trabalhar na universidade, o que foi um choque tremendo, considerando que, há alguns meses, eu, ainda estudante, tinha uma mesa, um computador, um armário e um telefone exclusivos. Eu esperava no mínimo o mesmo, agora que era professor. Não um gabinete exclusivo, mas uma mesa, uma baia, um posto de trabalho.

Nesse contexto, instalou-se em mim uma revolta contra a UFRPE que hoje eu caracterizaria como um *Sampa às avessas*. Não era o nordestino desgostado com São Paulo, mas o paulista consternado, não com o Recife, mas com a *Ruralinda* – popular alcunha afetiva para nossa universidade que não me refrearei de usar amiúde:

*Quando eu te encarei frente a frente não vi o meu rosto*

*Chamei de mau gosto o que vi, de mau gosto, mau gosto*

*É que Narciso acha feio o que não é espelho*

*E à mente apavora o que ainda não é mesmo velho*

*Nada do que não era antes quando não somos mutantes*

Hoje entendo esse impacto inicial como uma nova chamada à realidade, dessa vez, após o retorno do doutorado. Talvez um homólogo da terrível primeira reunião com Jacques, com a diferença de que, dessa vez, a experiência durou não uma tarde, mas um ano inteiro. Indispensável entender que, se eu não tinha recursos, não tinha uma mesa, não tinha um programa de pós-graduação onde pudesse orientar dissertações e teses que trouxessem desdobramentos do conteúdo que acumulei nos últimos anos, era porque eu não estava em uma instituição acadêmica construída ao longo dos séculos, desde a Idade Média, mas em uma a construir, e cabia a mim ajudar nessa construção. Com efeito! Eu havia olvidado o compromisso assumido com toda a população desse país quando da concessão da bolsa de doutorado, ao mesmo tempo em que me desviava da noção de *servir*, toldado que estava com a de *ser servido*.

Ao mesmo tempo, uma repentina consciência, um pensamento recorrente, recordava-me que eu não me encontrava tão necessitado assim de uma infra-estrutura especial. Não é nenhuma regalia dispor de condições mínimas que sustentem uma pesquisa científica, não se faz um experimento de Química sem um laboratório, seus apetrechos e reagentes. Todavia, em meu caso muito particular, meu laboratório era minha mente, de forma que, a rigor, tudo o que eu precisava estava a meu dispor.

Só muito lentamente, ao longo desse ano, essas constatações puderam ser assimiladas, e a revolta cedeu à consciência de que, se ajudar tinha sido minha promessa, então, a oportunidade de o fazer é o que me fora concedido. Nessa época por acaso

li que o termo *samurai* quer dizer *servidor*, então passei a me auto intitular *samurai público*. A regra de conduta d'[O Livro dos Cinco Anéis](#) em favor da Ruralinda.

Minha solicitação à FACEPE de apoio à participação no DLT foi atendida, não na integralidade, mas em configuração suficiente para que eu viajasse a Stuttgart com um aporte viável de recursos próprios. Em Stuttgart, encontrei Jacques e outros colegas de Paris. Jacques comentou que eu tinha emagrecido, encarou com desconfiança o resultado que apresentei, advertiu-me em razão de um atraso em uma palestra. Conversamos sobre novos possíveis projetos. Foi a última vez em que nos encontramos.

Em 2009, quando cheguei, a UFRPE tinha dois cursos de Computação em execução, a [Licenciatura Computação](#) (LC) e o [Bacharelado em Sistemas de Informação](#) (BSI), que eram conduzidos pelos docentes do DEINFO. A Licenciatura em Computação tem a particularidade de ser um curso noturno, viabilizando o ensino superior para um grande contingente inserido no mercado de trabalho. Em 2010, o bastante celebrado projeto do [Bacharelado em Ciência da Computação](#) (BCC) foi aprovado e o curso iniciou suas atividades, esforço encabeçado por Prof. [Fernando Aires](#), que foi o primeiro coordenador. O DEINFO caminhava para se tornar um departamento descomunal (em um prédio bem pequeno), culminando, após concursos que ocorreram nessa época, em quase setenta docentes, divididos em três áreas<sup>4</sup>: Informática, com quarenta e três docentes, Sistemas Computacionais, com treze docentes, e Estatística, também com treze. A área de Informática estava envolvida com a LC e o BCC, a de Sistemas Computacionais com o BSI, e a Estatística, além de dar suporte a esses e outros cursos, concentrava suas atividades em um programa de pós, o PGBEA.

A coordenação da LC, nessa época, era exercida por Profa. [Jeane Melo](#), que foi uma das fundadoras do curso, o que a coloca como uma das responsáveis pela introdução do ensino de Computação na Ruralinda. Parte desse esforço consistiu em forjar na universidade a consciência de uma Computação enquanto área de conhecimento, muito mais do que uma prestadora de serviços de escritório, também de justificar sua relevância, por mais que isso pareça hoje um truísmo. Jeane chegou em 1997, e em 1998 já participava de uma comissão para a criação do curso. A primeira turma de LC foi em 2000 e foi a turma mais concorrida no vestibular da UFRPE no ano de 1999.

Quero, em um parêntesis, deixar um agradecimento a Jeane, em nome de quem quero também homenagear outros colegas, anônimos neste texto e talvez em todos os textos vindouros de História, mas que foram os construtores invisíveis de possibilidades, a possibilidade de hoje se ter cursos de Computação consolidados, a possibilidade de se ter um laboratório de pesquisa, a possibilidade de se ter um departamento grande e diversificado. Essas eram épocas duras, em que um propósito maior, como a

---

<sup>4</sup>Explico mais adiante o que são essas áreas, para o leitor externo à UFRPE.

criação de um curso, somente poderia se impor pela virtude de uma força de vontade inquebrantável, fundada em idealismo e visão de futuro. Mais do que os entraves burocráticos incessantes, fáceis de o leitor entrever, era a soma de ações de bastidor que acabavam por inundar umas poucas pessoas com excessos de carga-horária, consumidos em tribulações administrativas e em embates inesperados e muitas vezes incompreensíveis. Esses mesmos bastidores assistem por vezes a verdadeiros dramas humanos, vividos solitariamente, inacessíveis à suavidade de uma palavra de solidariedade, mas alimentados por críticas por vezes mordazes e injustas, e sobretudo, estéreis de elementos que granjeiem valorização condizente no Lattes. Não convém dar aqui detalhes de histórias que conhecemos de docentes que violentam sua vida privada em favor da gestão universitária; ou ainda, de quem ao longo de uma carreira inteira desempenha esse labor, e desempenhando-o se aposenta, para que outros possam fazer o seu exclusivamente na tríade *docência, pesquisa e extensão*. Somente deixarei registrado que a consolidação da LC na Ruralinda foi um esforço continuado de duas décadas, e que a raiz desse curso é preciosa, posto que forjada em um espírito de entrega à educação pública e em momentos de abnegação pessoal. *Ex semine seges*, o lema da UFRPE, é a melhor descrição da jornada da Licenciatura em Computação.

Em 2010, meu segundo ano na UFRPE, Jeane propõe-me a coordenação da LC. Mais do que um convite, essa abordagem se me afigurou como um chamado, um clarim poderoso trazendo aquela assinatura do contrato da bolsa de doutorado, em 2004, à luz da consciência, configurando-se, por isso mesmo, como um pedido irrecusável, imune a qualquer crivo oriundo do planejamento pessoal. Planejamento que, se executado, anularia a hipótese de anuência a um cargo administrativo dessa responsabilidade, posto que minha esposa estava grávida – meu filho nasceu em 1 de fevereiro de 2011, menos de dois meses após a portaria de minha posse. Sem a mais mezinha noção das tarefas próprias de uma coordenação de curso, aquiesci, e no final de 2010, eu era o coordenador da LC. O espectro da gestão, que eu jurara em Paris nunca mais confrontar, ressurreto, e dessa vez, para se instalar e caracterizar minha trajetória acadêmica em extensão jamais suspeitada. Mais do que oficializar minha posse, a Portaria 1528/2010, exibida na Figura 4.1, foi a partida de uma maratona de anos, mais de uma década, de submersão nesse tipo de atividade.

Uma coordenação de curso, *grosso modo*, tem como responsabilidade mínima manter o curso funcionando. Que multiplicidade de obrigações se movimenta nos bastidores dessa única tarefa! Sazonalmente, o coordenador se vê às voltas com matrícula e formatura, acompanhamento de estudantes em condição especial, desligamentos. Deve zelar pela boa execução das aulas, o que inevitavelmente o remete ao conflituoso terreno da infraestrutura. Preside o Colegiado (CCD), o Núcleo Docente Estruturante (NDE) e a Comissão de Orientação e Acompanhamento Acadêmico (COAA) do curso, é membro e participa das reuniões do Conselho de Ensino, Pes-

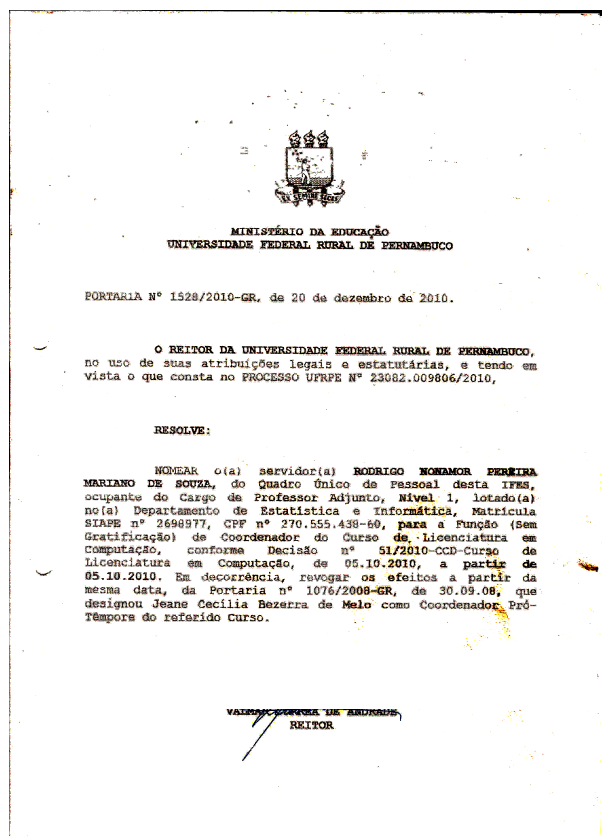


Figura 4.1: Portaria da coordenação da Licenciatura em Computação

quisa e Extensão (CEPE). Sobretudo, tem o dever, ditado pelo regulamento geral da graduação, de escutar e orientar docentes e discentes, vendo-se no mister de exercitar o melhor de sua criticidade, sua diplomacia e seu senso de justiça para desurdir problemas muitas vezes difíceis, problemas humanos, conflitos, e restaurar a harmonia.

Esse amálgama de atribuições oferece fundamentos mais do que justos para o direito detido pelos coordenadores de oferecer uma carga-horária reduzida, normalmente uma disciplina de sessenta horas por semestre. Essa seria uma troca justa; mas, em um curso em consolidação, numa área que começava a despontar na universidade, a verdadeira rotina da coordenação em nada se parecia com a permanência atrás de uma mesa, distribuindo comandos e assinando papéis – o que, no meu caso, não seria de toda forma possível, pois não havia uma mesa, uma secretaria, mas sim um salinha, quente e acometida amiúde por mosquitos, onde as coordenações de LC e do recém-criado BCC se apinhavam, no prédio do DEINFO. Naquela época, o coordenador se deslocava pela universidade. Resolvia presencialmente no Departamento de Registro e Controle Acadêmico (DRCA) pendências documentais dos estudantes, para que os mesmos pudessem se formar, em negociações em que às vezes se fazia de advogado dos mesmos. Supria por vezes o serviço de malote, distribuindo processos pela universidade, na Pró-Reitoria de Ensino de Graduação (PREG), no Departamento de Educação, no DRCA e em outros setores. Acompanhava intervenções nos labora-

tórios e salas de aula, às vezes nos fins de semana, para garantir condições mínimas para as aulas. Substituía docentes, para evitar interrupção das aulas.

Esse não foi um drama exclusivo meu, porque, de histórias advindas de outros setores, sabemos de colegas que enfrentavam calamidades muito maiores, privações ainda mais impeditivas para a execução de seus cursos, e mesmo assim os executaram. Mas, há uma particularidade em minha passagem na coordenação da LC que se sobressai pela estranheza, particularidade que ademais se conecta com a história do Departamento de Computação, que conto esparsamente nessas linhas, e que, de certa forma, resultou na única contribuição que logro identificar em minha gestão. Para minha surpresa, ao assumir a coordenação, deparei-me com opinião bastante desfavorável ao curso, sustentada por parte da comunidade do DEINFO. O que se propunha, era a extinção da LC, ou antes, sua transformação em outro curso, um bacharelado noturno. Como se argumentava na época, o problema começava na natureza do curso. Qual é o mercado que aguarda o egresso da Licenciatura em Computação? Onde será contratado, considerando que a Computação não era matéria obrigatória no currículo escolar, como Matemática ou Português? Defendia-se, então, que muito melhor seria um novo bacharelado, para atender a uma lacuna real de profissionais nessa área.

Minha coordenação, o colegiado e o NDE acabaram por se constituir nas únicas instâncias afinizadas ao curso, ao menos no contexto do DEINFO. Para a PREG e a reitoria, essa era uma proposta natimorta. A energia prodigalizada na tentativa de pactuar uma solução comum a todos os lados, o inelutável pendor à diplomacia<sup>5</sup> que contamina todas as minhas ações, acabaram por me esgotar ao término dos dois primeiros anos de minha coordenação; e fui reeleito. A permanência do curso como estava acabou por isolar minha gestão, estigmatizando-a como uma espécie de *bunker* de resistência, composto por meia dúzia de docentes, acuados diante de argumentos que, a bem da verdade, eram relevantes e fundamentados. Por vezes, fomos tomados por recalcitrantes, antagonistas ao progresso, um óbice no planejamento do futuro Departamento de Computação. Promovemos debates, que terminavam eivados de disputas acaloradas; convidamos o presidente do Fórum das Licenciaturas para dialogar com o corpo docente; buscamos, sem sucesso, reformular o curso. Houve momentos em que pareci atuar (de novo!) como agente duplo, dialogando ora com a PREG, ora com o corpo docente, concordando com ambos, sempre no intuito utópico do diálogo. E houve momentos em que a gestão do curso aquiesceu à negociação de opções, sendo uma delas transferir o curso para o Departamento de Educação, mas nenhuma ação concreta, de parte alguma, foi materializada até minha saída.

No fim, o que importa dizer é que, se assim procedíamos, era por termos uma

---


<sup>5</sup>A diplomacia a que me refiro, melhor seria descrita como uma dificuldade quase paralisante de gerir uma crise mais séria. Melhor seria se todos simplesmente conversassem e entrassem em um acordo, ou ainda, que conflitos não existissem e todos se irmanassem, como na [adaptação de Beethoven](#) para o poema de Schiller que irrompe no quarto movimento da Nona Sinfonia. O que não acontece.

convicção sobre o futuro, mas não o presente, o que tornava nossa posição ainda mais frágil. Essa era uma certeza que se depreendia de uma aproximação, lenta mas gradual, entre a Computação e a Educação, que observávamos. Lenta, pela dificuldade de diálogo, que presenciei tantas vezes, entre dois universos, o dos pedagogos e o dos computólogos, uns compenetrados no melindroso processo de aquisição de conhecimentos, outros pragmáticos e ferrenhos na busca de resultados formalizáveis; gradual, indicando que esse diálogo, visivelmente, instalar-se-ia um dia, para se constituir em preocupação consolidada na contemporaneidade do futuro, como de fato aconteceu. A BNCC veio confirmar nossa aposta, ao inserir o pensamento computacional na escola e legitimar o perfil do licenciado em Computação, ombreando-o com as demais licenciaturas. Quando deixei a coordenação, em junho de 2014, leguei a meus sucessores, professores Gustavo Callou e Taciana Pontual, uma montanha de processos inacabados, sentia-me esgotado, e não tinha uma grande contribuição ao curso para apresentar. Meramente, nós o mantivemos vivo, mesmo que inalterado.

Nas coordenações futuras, a LC cresceu, consolidou-se, foi reformulada e, no momento em que este memorial é escrito, novas possibilidades se apresentam, de forma que sua história de sucesso ainda está em progresso. De minha parte, saí com um enorme respeito pelos discentes desse curso, respeito forjado no contato com tantos estudantes entusiasmados, nos quais frequentemente eu identificava meus próprios ideais da época da graduação, estudantes que eram mães e pais de família, estudantes que assistiam as aulas após uma jornada plena de trabalho. Aprendi com o tempo a avaliar a preciosidade da vitória pessoal de cada um, e acho mesmo que muitos fariam um memorial muito mais rico do que este, caso resolvessem elencar os desafios de suas vidas. Os reconhecimentos que recebi dos formandos da LC, quando fui patrono ou professor homenageado, foram um mérito e uma honra que fizeram valer todas as agruras que acabo de desfilar diante do leitor. Na falta de registros fotográficos desses momentos, que sou péssimo em reunir, apresento na Figura 4.2, como símbolo, o formulário que um de meus alunos, formando de 2014.1, enviou-me por email, para anunciar que sua turma me colocara nesse seletor grupo.

Atribuo a meu substituto eventual, Prof. Abner Barros, a principal força da gestão na manutenção desse propósito. Cabe uma palavra de reconhecimento a Abner, porque, possivelmente, a história teria sido outra sem sua tenacidade no que ele dizia na época: *devemos ensinar Computação enquanto Ciência nas escolas*.

O leitor que assistiu *A Guerra do Fogo* de Jean-Jacques Annaud se lembrará do desvelo visceral dispensado pelos protagonistas (uma tribo pré-histórica) a uma chama, que é mantida acesa em uma gaiola, por ser considerada indispensável à sobrevivência. Quando a chama se apaga em razão de um ataque, três membros se


**MINISTERIO DA EDUCAÇÃO**  
 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
 Assessoria de Cerimonial e Projetos Sociais  
 3320-6005/6011 – assessoria@cerimonial.ufpe.br

**COLAÇÃO DE GRAU**

**CURSO:** Licenciatura Plena em Computação Modalida: \_\_\_\_\_  
**Coordenador(a) do Curso:** GUSTAVO RAU DE ALMEIDA CALLOU Telefone: \_\_\_\_\_

**HOMENAGEADOS:**

CATEGORIA	NOME	DEPARTAMENTO
PATRONO/PATRONESSE		DEINFO
PARANINHO(A)		DEINFO

CATEGORIA	NOME	ENDEREÇO
(Graduandos aptos colar grau) NÃO PODE TER COLADO GRAU ANTERIORMENTE		
ORADOR (Titular)		
JURAMENTISTA (Titular)		

ITEM	NOME	DEPARTAMENTO
01	TACIANA PONTUAL R. FALCÃO	DEINFO
02	RODRIGO N. P. M. DE SOUZA	DEINFO
03	MARCOS J. M. CARDOSO JUNIOR	DEINFO
04	JENEFFER CRISTINE FERREIRA	DEINFO
05	KELLYTON (BARTO) DOS SANTOS BRITO	DEINFO
06	DANILO R. BARBOSA DE ARAUJO	DEINFO

Figura 4.2: Relação dos docentes homenageados na colação de grau de 2014.1 da Licenciatura em Computação.

lançam a uma jornada perigosa para encontrar uma nova. Essa citação despropositada traz todavia uma imagem condigna ao afilitivo esforço íntimo de manter acesa a chama da pesquisa, que sustentei em meio às voragens tormentosas da gestão da LC. Após o término repentino de minhas reflexões de doutorado, simbolizado pela tumultuada participação no DLT 2009, uma fagulha, uma nova chama que logrei encontrar, instalou-se em meu espírito no início de 2010, chama que, em segredo, cuidei com todo o desvelo. Entre uma coisa e outra, brincando mentalmente com os *transdutores bidirecionais*, com os quais eu nunca havia brincado, buscando visualizar que propriedades dos transdutores clássicos, com que brinquei, poderiam ser levantadas para esse contexto mais delicado, em determinado momento fui agraciado, mais uma vez, com aquele vislumbre do horizonte que tanto marcou os anos da pós-graduação.

O mesmo bravo leitor que me acompanhou até aqui deve ter adivinhado, da leitura do parágrafo anterior, que o levarei a nova incursão no universo da Teoria dos Autômatos. Conto com seu beneplácito, assegurando que essa pausa-oásis na árida narração dos anos de gestão será a última viagem do gênero deste memorial, e uma bem particular, porque nela descreverei *o teorema da década* (minha década). O objeto de estudo agora, como mencionei, são os transdutores bidirecionais, ou *two-way transducers* na nomenclatura tradicional. Nesse modelo, a leitura da fita “de entrada” é bidirecional, ou seja, tanto movimentos para a direita quanto para a esquerda são permitidos; a saída é construída de forma unidirecional, concatenando à direita as saídas das transições utilizadas. Um exemplo está ilustrado na Figura 4.3.

O problema que abordei refere-se a um dos mais antigos conceitos da Teoria

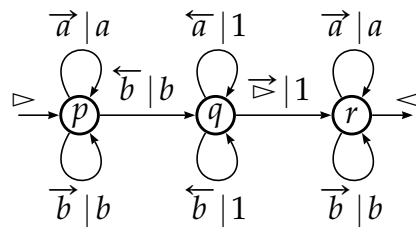


Figura 4.3: Um transdutor bidirecional que atribui a toda palavra  $u$  contendo pelo menos uma ocorrência de  $b$  o conjunto  $\{xbu : xb \text{ é um prefixo de } u\}$ . As setas sobre as letras indicam a direção do movimento da cabeça de leitura. Os símbolos especiais  $\triangleright$  e  $\triangleleft$  são delimitadores das extremidades das palavras de entrada, o que permite que o transdutor detecte o início ou o final da palavra, e mude de direção nesse ponto. A Figura 4.4 exibe duas computações bem-sucedidas nesse transdutor.

dos Autômatos, o *determinismo*, que no universo dos transdutores, é melhor precisado pelo conceito de *sequencialidade* – determinístico na “fita de leitura”. É bem sabido, como comentei na narração de meu mestrado, que há transdutores funcionais que não podem ser convertidos em um transdutor sequencial equivalente, resultado elaborado obtido por Choffrut em 1979. Em outras palavras, para os transdutores, o não-determinismo representa um aumento do poder computacional, no sentido de que mais funções podem ser abarcadas, com relação às sequenciais. Em 2001, como parte de um estudo sobre a caracterização lógica de funções realizadas por transdutores bidirecionais, Engelfriet e Hoogeboom provaram um belo enunciado:

**Teorema 1** (Engelfriet–Hoogeboom 2001): *Todo transdutor funcional bidirecional pode ser convertido em um transdutor bidirecional sequencial equivalente.*

Mas, havia algo de *insatisfatório* nessa prova: ela emerge como consequência de outros resultados, em um amplo estudo no âmbito da Lógica. Em particular, ela não dá pistas da complexidade subjacente à obtenção do transdutor sequencial. Eu quis entender como isso poderia ser feito diretamente, através de uma construção explícita, da mesma forma que um autômato não-determinístico pode ser convertido em um determinístico equivalente por intermédio da construção dos subconjuntos. Uma ambição mais modesta do que o alcance dos resultados de Engelfriet e Hoogeboom; mas uma campanha válida, de certa forma tangível, e lancei-me nela em 2010.

O resultado de minhas reflexões foi, na verdade, um enunciado mais amplo:

**Teorema 2:** *Toda relação realizável por um transdutor bidirecional pode ser uniformizada por uma função realizável por um transdutor bidirecional sequencial.*

*Uniformização* é um conceito antigo na área das relações racionais. Seja  $r : A^* \rightarrow B^*$  uma relação qualquer entre monóides livres (racional ou não). Dizemos que uma

função  $s : A^* \rightarrow B^*$  *uniformiza*  $r$ , ou é uma uniformização dessa relação, se

$$\text{Dom } r = \text{Dom } s \quad \text{e} \quad \forall x \in \text{Dom } r, \quad xs \in xr$$

Em outras palavras,  $s$  é uma *função de escolha*: ela tem o mesmo domínio de  $r$ , e para toda palavra  $x$  nesse domínio, a imagem  $xs$  é um elemento do conjunto potencialmente infinito  $xr$ . O chamado *Teorema da Uniformização* para as relações racionais diz que toda relação racional pode ser uniformizada por uma função racional, ou seja: existe uma função de escolha que pode ser realizada por um transdutor. Esse resultado, que tocamos de leve em nosso relato sobre Paris, foi demonstrado por Jacques com o revestimento de Schützenberger, e também segue de nosso revestimento lexicográfico. O Teorema 2 diz que, se  $r$  for uma relação realizada por um transdutor biridirecional, então existe um transdutor bidirecional funcional *sequencial* que uniformiza  $r$ . O Teorema 1 coincide com o caso em que  $r$  é uma função.

Meu trabalho sério sobre o Teorema 2 acontecia nos mais recônditos bastidores de minha jornada diária. Na prática, era uma pequena recreação íntima, como fazer uma pausa para um café, ou tomar um gole de whisky à noite; não um trabalho de pesquisa consistente, como acontecia em São Paulo ou Paris. Esse método de trabalho era para mim uma doída novidade, em razão de minha dificuldade quase inafastável de lidar com um processo criativo em local diferente de uma sala escura e silenciosa, como já comentei. Eu pensava dirigindo, pensava almoçando, pensava durante as reuniões do CEPE. Pensava na sala de espera do obstetra, no período em que Maria estava grávida; e na sala de espera da pediatra, quando meu filho nasceu. Essa tenacidade, esse apego à chama da sobrevivência, só pude sustentar, porque bem cedo vislumbrei um caminho, como de hábito longo e nebuloso, para demonstrar o Teorema 2, e agarrei-me ao propósito de não abandonar essa espécie de presente da Matemática, que recebemos quando propriedades dos objetos estudados resolvem caminhar juntas, em uma maravilhosa engrenagem. Não levei semanas para entender melhor esse caminho, como na pós-graduação. Levei dois anos inteiros, 2010 e 2011, e quando eu tive certeza de que poderia comunicá-lo, lancei mão da primeira chamada que encontrei aberta<sup>6</sup>, a do *7th International Conference on Language and Automata Theory and Applications* – LATA 2013, que aconteceria em Bilbao, Espanha.

Nossa prova tem três partes, e cada uma é uma construção diferente. A primeira associa ao transdutor bidirecional  $\mathcal{T}$  um autômato  $\mathcal{S}$  cujos passeios estão em bijeção com os de  $\mathcal{T}$ , ou, melhor dizendo, com os do autômato bidirecional de entrada  $\mathcal{A}$  de  $\mathcal{T}$  (embora não seja um revestimento). O autômato  $\mathcal{S}$  é o que chamamos de *dobradura* de  $\mathcal{T}$ , porque seus passeios bem-sucedidos são uma espécie de dobra-

<sup>6</sup>Haveria como manejar para submeter ao STACS, mas achei que o resultado não teria o peso necessário para essa conferência. LATA, também uma conferência internacional sobre o tema, mas menor, pareceu mais abordável. Como dizia Erdős sobre artigos científicos, *nom numeratur, sed ponderantur*.

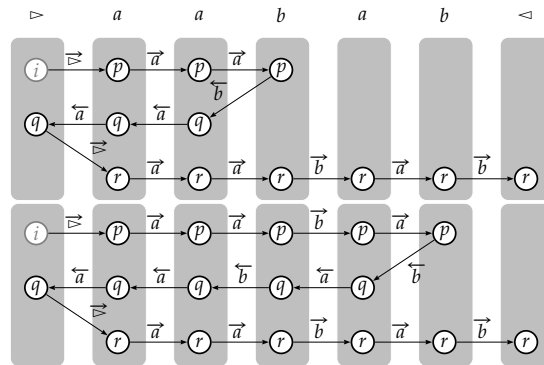


Figura 4.4: Duas computações bem-sucedidas do autômato de entrada do transdutor bidirecional ilustrado na Figura 4.3, ambas lendo a palavra  $aabaab$ . A figura é auto-explicativa: cada coluna cinza agrupa os estados visitados em cada posição da palavra. As saídas são, respectivamente,  $aabaabaab$  e  $aabaabaabaab$ .

dura dos passeios de  $\mathcal{T}$ . Essa operação está ilustrada na Figura 4.4. Nela, vemos dois passeios bem-sucedidos do transdutor bidirecional<sup>7</sup> ilustrado na Figura 4.3, cada um lendo a mesma palavra  $aabab$ . A dobradura desses dois passeios é, em poucas palavras, a sequência de retângulos cinzas, ou seja: cada retângulo cinza é um estado do autômato  $\mathcal{S}$ . Assim, os passeios de  $\mathcal{S}$  codificam os passeios de  $\mathcal{T}$ . A ideia não é nova: Shepherdson propôs essa técnica nos idos de 1959 para provar a equivalência entre autômatos uni e bidirecionais [46], e ela reaparece com frequência, em algumas variações, em trabalhos sobre transdutores bidirecionais – como o que ora descrevo.

O leitor curioso talvez irá presumir que a terceira construção de nossa prova é a decodificação dos passeios de  $\mathcal{S}$  – se o fez, acertou; mas isso, já é bem menos trivial. Antes, construímos um revestimento lexicográfico sobre  $\mathcal{S}$ , resultando em um autômato não-ambíguo  $\mathcal{B}$ . Esse autômato “contém” a seleção de um único passeio para cada palavra no domínio de  $\mathcal{T}$ , o que fornece a base da uniformização que queremos construir. Agora, entra em cena a verdadeira novidade, a *descoberta da década*. Por mais esdrúxulo que possa parecer, para mim está bem claro que a melhor ideia que tive na década de 2010 foi entender como os passeios de  $\mathcal{S}$  projetados por  $\mathcal{B}$  poderiam ser “desdobrados”. Fiz isso compondo dois autômatos particulares que chamei de *pathfinders*: um *left pathfinder*<sup>8</sup>  $\mathcal{L}$  e um *right pathfinder*  $\mathcal{R}$ . Intuitivamente, esses dois objetos, combinados, são responsáveis por extrair os movimentos de  $\mathcal{T}$  dos passeios de  $\mathcal{S}$ . A extração de um movimento, em uma determinada posição  $p$  da palavra de entrada  $u$ , é um procedimento elaborado, e tem duas etapas: primeiro, uma varredura de um trecho de  $u$ , à esquerda ou à direita de  $p$ , dependendo do

<sup>7</sup>Acho que olhar com cuidado essas duas ilustrações de passeios é a melhor maneira de entender o “funcionamento” do transdutor da Figura 4.3. Sugestão para o leitor que por algum motivo escuso esteja interessado nisso.

<sup>8</sup>Antes de escrever o artigo, descobri em uma acurada pesquisa arqueológica que o mecanismo dos *left pathfinders* aparece no interior de um argumento em um artigo antigo de Hopcroft e Ullman [25].

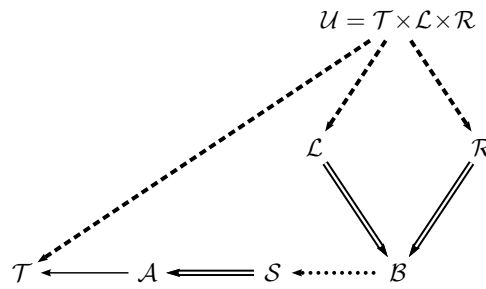


Figura 4.5: Construção de uma uniformização de um transdutor bidirecional  $\mathcal{T}$ .

sentido do movimento, de comprimento tão longo quanto o necessário para identificar a transição de  $\mathcal{T}$  que deverá ser “executada”; segundo, o retorno à mesma posição  $p$ . Esse procedimento parece inviável à primeira vista, porque a posição  $p$  não pode ser armazenada (estamos falando de autômatos); mas é possível demonstrar que o retorno a essa posição está associado a uma configuração especial dos estados dos *pathfinders*. Como consequência, um certo produto de  $\mathcal{T}$  com os dois *pathfinders* resulta em um transdutor bidirecional *sequencial*  $\mathcal{U}$ , porque os *pathfinders* são determinísticos, e esse transdutor realiza, para cada palavra  $u$ , a sequência de movimentos de  $\mathcal{T}$  do único passeio bem-sucedido rotulado por  $u$  na dobradura  $\mathcal{S}$ . O produto  $\mathcal{U}$  é o objeto que realiza a uniformização prometida no enunciado do Teorema 2, ou, caso  $\mathcal{T}$  seja funcional, é o determinístico (na entrada) equivalente a  $\mathcal{T}$ . O diagrama ilustrado na Figura 4.5 resume nossa prova. Juntando todas as construções, obtemos a expressão graciosa de uma torre de quatro exponenciais para o número de estados de  $\mathcal{U}$ .

Artigo aceito e recursos para a viagem cuidadosamente garantidos com enorme antecedência, parti a Bilbao com uma única meta, apresentar o artigo e voltar, crivado que estava meu espírito de preocupações. Quase não voltei, no que foi uma nova edição de minhas insólitas aventuras internacionais. Absolutamente convicto da efetividade de meu cartão de crédito para uso internacional, porque antes da viagem solicitei ao banco que assim fosse, ao deixar o hotel, pedi um táxi para o aeroporto com opção de pagamento por cartão. O leitor já adivinhou que, chegando ao aeroporto, meu cartão não funcionou. Por algum motivo, o cartão só funcionava para fazer compras, não para pagar serviços. Muito felizmente, a prestatividade e compreensão do motorista, um espanhol de bigodes entre cinquenta e sessenta anos, estavam à altura da gravidade desse enredo, e essa felicidade foi metade de minha salvação. Ele bem poderia ter conduzido o passageiro inadimplente a uma delegacia, e a princípio foi o que imaginei que faria, por ser um senhor de mais idade, possivelmente desconfiado de estrangeiros; mas esse anjo da guarda foi absolutamente solícito, atendendo meu pedido de retornar ao hotel para tentar contato com o banco por telefone. Nessa altura, eu já me comunicava correntemente em Espanhol, que milagrosamente aprendi em minutos. Claro que o bondoso senhor angariaria uma boa soma, porque em nosso acordo, o taxímetro permaneceria ligado enquanto eu não retornasse com

dinheiro. A garantia, minhas malas dentro do carro. O hotel, reticente a princípio, cedeu a meus apelos desesperados e deixou que eu usasse o telefone, tudo inútil: a assistência do cartão só estaria disponível a partir de oito horas do Brasil, posterior à decolagem. O taxímetro aumentava, a janela para o embarque diminuía; tomei a decisão drástica de sair pelas ruas, de estabelecimento em estabelecimento, oferecendo um negócio irrecusável: comprar um item de preço irrisório, passar o cartão em um valor exorbitante, parte desse valor seria entregue a mim, pelo estabelecimento, em dinheiro, outra parte, seria do estabelecimento. A desconfiança que o motorista não teve, no comércio impôs-se invencível, pois nenhuma farmácia, padaria ou açougue acreditou que aquela estranha história, explicada em péssimo Espanhol, de um sujeito que se dizia cientista e que queria voltar ao Brasil, não fosse algum tipo de golpe. Já desistindo e urdindo o apelo que faria à embaixada de me livrar da Justiça espanhola e me repatriar, na última tentativa antes de retornar vencido ao táxi, entro em um salão de beleza, inicio meu discurso, e logo me dou conta que eu falava com uma brasileira. Essa foi a segunda metade de minha salvação. Mal ouvida a urgência, em um instante a solidariedade nacional traz a máquina de cartão e me provê com soma suficiente para três ou quatro idas ao aeroporto. A recompensa que deixei nem foi tão vultosa: dez euros. O taxista, aguardando fielmente em frente ao hotel, ficou com uma recompensa também. Passei pelo embarque nos últimos instantes, e foi assim, desabalado, que saí pela última vez de uma conferência internacional em minha área.

O Teorema 2 foi o *teorema da década*, de minha década de 2010, porque, como comentei, ele representou o único resultado não trivial que logrei alcançar durante esses anos. Particpei de eventos nacionais em minha área, eventos novos, esforços valorosos da comunidade, que tendem a se consolidar e crescer – foram momentos lindos. Mas em todos eles, o que apresentei, não se desgarrava de meus anos de pós-graduação, sendo antes parte do espólio de minha dissertação e minha tese. Essas foram até a atualidade minhas incursões derradeiras na Teoria dos Autômatos:

- *Sobre a minimização de transdutores sequenciais* no I Encontro de Teoria da Computação (CSBC 2016) [11]
- *A note on bimachines* na I Escola de Informática Teórica e Métodos Formais (SBMF 2016) [12]
- *Sobre as relações racionais intrinsecamente ambíguas* no II Encontro de Teoria da Computação (CSBC 2017) [14]
- *Sobre as funções racionais multi-sequenciais* no III Encontro de Teoria da Computação (CSBC 2018) [15]

- *Sobre a decomposição de um transdutor bidirecional finitamente valorado* no V Encontro de Teoria da Computação (CSBC 2020) [16]

Essas andanças foram financiadas por dois projetos de pesquisa pequenos, que consegui aprovar e executar, herança tardia do antigo projeto DCR:

- *Modelos formais de Computação: alguma teoria e seu ensino* de fev/2013, 24 meses (FACEPE APQ-0833-1.03/12)
- *Problemas estruturais em modelos formais de Computação*, início em dez/2014, 36 meses (MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 Processo 459957/2014-7)

Dentro e fora desses projetos, alguns bravos estudantes de BCC e LC, interessados pelo que eu ensinava nas turmas de Teoria da Computação, passaram um tempo estudando comigo no programa de Iniciação Científica. A esses, e também meus alunos do programa [PIBID](#) – *Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência*, a quem faço referência no Capítulo 5, não posso deixar de parabenizar e de registrar meu apreço, pelo legítimo interesse em se aprofundar nos caminhos da Ciência. Alguns deles estão hoje em posição melhor que a minha, o que me traz à mente uma frase que tiro de um contexto nada solene, mas que não deixa de ser bonita; é uma fala do mestre Yoda no filme *Star Wars: O último Jedi*<sup>9</sup>, que cito na epígrafe desse capítulo: *We are what they grow beyond. That is the true burden of all masters.*

Essas atividades, realizei por força de um misto de amor e obstinação. Nunca, nem no mais febril capricho de minhas vaidades, julguei-me destacado, menos ainda genial de alguma forma. Nas diversas instituições que conheci, tive colegas que demonstravam uma facilidade de penetração em um conteúdo complexo, avançado, absolutamente inacessível para mim, o que me admirava, pois, para mim, estudar, sempre foi uma atividade de progressão lenta e difícil. Digo isso tudo sem nenhuma afetação. Se consegui uma bolsa para estudar em Paris, foi por amor e obstinação. O que me impulsionou em uma vida de estudante e pesquisador, foi o estranho amor à Matemática, e mais precisamente à Teoria da Computação, um amor que nutria minha paciência, minha obstinação e me mantinha porfiando para descortinar novos mistérios. Foi assim que arranquei horas suplementares para pesquisar na década de 2010, e até, em uma teimosia derradeira, organizar um evento no Departamento de Computação em 2023, o [III TeoComp-NE: Escola de Teoria da Computação Nordeste](#).

Mas, o ser-humano é limitado! Amor também se cansa, sem deixar de ser amor. Estertorando, cada vez mais enredado pela gestão, aos poucos assisti a chama se extinguir. Não tive forças para mantê-la acesa, e recordando A Guerra do Fogo, dir-se-ia que, ao menos momentaneamente, minha tribo, a tribo da Teoria dos Autômatos,

---

<sup>9</sup>Faço parte dos detratores da nova trilogia, o que não invalida uma citação feliz.

hoje queda morta, enregelada. A mais elementar concatenação de ideias inviabilizou-se em meio à avassaladora sinfonia de atividades administrativas que fui levado a executar a partir de 2016, diante da qual a coordenação da LC não passou de mero prelúdio. Concluo este capítulo contando essa caminhada de quase dez anos. Ela se estende até hoje, e caracteriza mais da metade de minha trajetória na UFRPE. Mas antes, para que nos situemos na História, falo um pouco mais sobre o DC.

Dirigindo-me ao leitor externo à Ruralinda, começo dizendo que em nossa universidade, os docentes de um departamento são divididos em áreas, tantas há quanto as diversas expertises desempenhadas pelos mesmos, e cada área, tem seu supervisor, um *supervisor de área de conhecimento*<sup>10</sup>. O supervisor é uma espécie de ministro, tanto que sua escolha é discricionária da direção do departamento: a direção nomeia, a direção substitui. Sua responsabilidade principal é atribuir as disciplinas associadas à área aos docentes que a ela pertencem, no que sói se tratar de um longo processo semestral de negociação interna, e também negociação entre áreas, pois há as disciplinas que se denominam *flutuantes*, por poderem ser assumidas por docentes de mais de uma área. Mas o supervisor também se responsabiliza pela gestão das vagas de docentes, pelos concursos, e pelas diversas questões que afetam a carga de trabalho do docente, como afastamentos e pedidos de mudança de regime de trabalho.

De março de 2014 a maio de 2015 fui oficialmente supervisor da área de Fundamentos da Computação (FC) do DEINFO. Antes disso, eu já era o supervisor, acumulando a atribuição com a coordenação de curso, mas extraoficialmente, porque a área FC não existia. Essa configuração incomum tem raízes nos movimentos que levaram à fundação do Departamento de Computação, que sintetizo nos próximos parágrafos.

Retornemos ao [início deste capítulo](#), onde exponho que, quando ingressei na UFRPE, em 2009, o DEINFO tinha três áreas: Informática, Sistemas Computacionais e Estatística. O fato mais importante a se mencionar aqui é que a área de Informática, a maior, foi o embrião do Departamento de Computação. Mesmo a quantidade de docentes aproximava-se da atual configuração do departamento: em 2013, já tinha 43, fruto de uma remessa de vagas oriunda da instalação da entrada de meio de ano da LC (originalmente, havia uma entrada por ano somente), da criação do BCC, e das disciplinas chamadas externas, que o DEINFO oferecia para virtualmente todos os cursos da universidade. As discussões sobre um novo departamento, dedicado integralmente à Computação, surgiram no seio da área de Informática, e são tão antigas quanto meu ingresso na UFRPE. Não sei precisar quando a ideia foi concebida, mas entramos em 2011 com um murmúrio instalado nos corredores, emails e reuniões.

---

<sup>10</sup>Também há os de área administrativa: supervisores de laboratórios, de infraestrutura, de planejamento. . . Uma direção de departamento, a princípio, conta com uma ampla assessoria.

A justificativa para esse novo departamento sofreu diversas adaptações, pois havia a gestão superior e o Conselho Universitário a se convencer, e isso não é pouco; mas o cerne do propósito era simples: formou-se na área de Informática um sentimento de grupo, uma visão de futuro coesa, com um planejamento próprio e um funcionamento algo autônomo, abrigando a execução de dois cursos de graduação; em contrapartida, as demais áreas do DEINFO tinham também suas visões particulares, que em muitos aspectos não se coadunavam com a nossa. A ideia estava longe de ser unânime, mesmo dentro da área, mas paulatinamente ganhou força. Comissões internas à área de Informática foram constituídas, e a partir de 2012, a área passou a realizar plenos periódicos, registrados em ata, com pautas cheias, repletas de avaliações a fazer e decisões a tomar. Era um departamento dentro de um departamento.

Esse longa articulação desenvolveu-se por força de uma dedicação continuada do corpo docente, especialmente aqueles que assumiram cargos administrativos, dentro e fora do DEINFO, com os olhos postos no futuro. Por exemplo, Prof. [Ricardo Souza](#) assumiu a direção do Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI), órgão responsável por todos os aspectos da implantação e gestão das tecnologias digitais na UFRPE, e professores [Francielle Silva dos Santos](#) e [André Aziz Camilo de Araújo](#) assumiram a Coordenação de Suporte Técnico e a Coordenação de Internet e Redes Locais, respectivamente; suas contribuições à universidade transcendem o escopo deste texto. Muitos outros se engajaram nesse esforço coletivo, assumindo (às vezes acumulando) posições em comissões, coordenações, grupos de trabalho e colegiados, e dificilmente eu evitaria ser injusto se me decidisse a inventariar, aqui, nomes e cargos. Prefiro fazer uma menção particular a uma colega, em nome de quem deixo um agradecimento a toda a equipe, sem me arriscar a interromper a narrativa.

Profa. [Jeísa Domingues](#), mal tinha ingressado na UFRPE, assumiu a supervisão da área de Informática. Isso foi em setembro de 2012; Prof. [Wilson Rosa](#), que era o supervisor, tornou-se, nesse ano, diretor do DEINFO. Rapidamente Jeísa se impôs como líder e ganhou o respeito da área. Faço essa afirmação sem receio de resvalar pela imoderação, porque *foi assim*. Acostumamo-nos já em 2012 a receber suas convocações para reuniões, seus informes e diagnósticos, atribuições de tarefas e prazos, o que ela fazia dosando firmeza, pragmatismo e cordialidade. Essa condução positiva da área, uma área de mais de quarenta docentes, na prática, não se distinguia da direção de um departamento de tamanho considerável, mesmo porque a Informática se estruturou virtualmente como um departamento: internamente, os docentes dividiram-se em três grupos, *Arquitetura e Redes de Computadores* (ARC), *Engenharia de Sistemas de Software* (ENSISO) e *Fundamentos da Computação* (FC). Cada um tinha seu supervisor oficioso, que efetivamente lidava com alocações, concursos e carga-horária docente. Claro que, até então, éramos parte do DEINFO, e a área se reportava a Wilson, como deveria ser; mas Wilson tinha a difícil obrigação de dialogar de forma equânime com



Figura 4.6: Anúncio da criação das áreas ARC, ENSISO e FC.

todas as áreas do departamento, e isso em um momento delicado, em que discutia-se uma reformulação. É por isso que hoje sustento que Jeisa foi a diretora original do Departamento de Computação. Não é minha intenção deturpar a História, que permanece blindada pela oficialidade, muito menos atentar contra o mérito de alguém. Somente, entendo que a gestação do novo departamento, na área de Informática, foi adiante muito por mérito seu, e acho que esse título lhe é devido, extraoficialmente.

Agora se deslinda a menção à “supervisão da área que não existia” feita há alguns parágrafos. Quando essa divisão informal na Informática se desenhou, em algum momento entre 2011 e 2012, assumi a supervisão de FC. As novas áreas foram oficializadas somente em 2014, através da [Resolução 14/2014 CONSU](#), quando me tornei oficialmente supervisor, e Jeisa terminou sua gestão. Pedi a Jeisa autorização para exibir neste texto – Figura 4.6 – o email em que ela anuncia a criação das três áreas. Esse foi um dos marcos da caminhada que culminou na criação do DC.

Uma miríade de linhas de desenvolvimento floresceu em 2013, e seria descabido tentar detalhá-las aqui. Destaco duas delas, acelerando um pouco no tempo, para que não nos extraviemos demais de nossa narrativa. Primeiro, quero recordar um esforço robusto, verdadeiramente profissional<sup>11</sup> de montagem de um planejamento estratégico, empreendido ao longo de 2014. Grandes e memoráveis reuniões foram organizadas, nas quais os docentes da antiga área de Informática dividiram-se em grupos de trabalho, produzindo uma perspectiva para o quadriênio 2014 – 2018

<sup>11</sup>O profissionalismo deveu-se ao conhecimento de tais procedimentos detido por um grupo de docentes de ENSISO, que nos conduziu na utilização de instrumentos adequados para esse fim. Isso tudo para mim era uma total novidade.

de um novo departamento; o documento produzido foi um dos pilares da proposta do DC, e a jornada aumentou a coesão da área em torno de um objetivo. Segundo, a difícil negociação sobre o espaço físico para o novo departamento. As dependências do DEINFO já eram de todo modo inviáveis para sua enorme quantidade de docentes. O imbróglio foi tema de discussão com vários setores da universidade desde 2011, culminando na proposta de ocupação de parte do prédio João Vasconcelos Sobrinho, chamado de CEAGRI II. Em 2013 e 2014, após um esforço de projeto e licitação de infraestrutura de redes, laboratórios de ensino foram instalados nesse prédio, para dar suporte aos cursos de graduação, e as coordenações também se instalaram lá, seguidas por uma lenta migração de docentes. A história do espaço físico do Departamento de Computação é outro tópico para um capítulo inteiro, quiçá mais do que isso, quem sabe outro memorial, ou mais de um. Há muitas vozes envolvidas, e só o Tempo terá virtude suficiente para escrever a História (que está longe de terminar). Quero apenas mencionar que a ocupação de parte do prédio pelo Departamento de Computação foi formalizada, matéria do processo 23082.007907/2019-51, e em setembro de 2019, houve mesmo um evento comemorativo desse marco, com a presença da gestão superior. Desde essa data, esse prédio é como a Terra primordial: um grande e revolto caldo oceânico onde forças titânicas se entrechocam, compondo um lento processo de formação de paisagens do futuro, paisagens lindas que virão.

A proposta formal do Departamento de Computação foi feita no processo 23082.025984/2013-05, aberto no final de 2013; sua capa pode ser vista na Figura 4.7. Nessa época, chamávamos o departamento de *DComp*, sigla que foi afastada no Parecer Técnico 007 de 01/04/2014 da CPEO/PROPLAN (anexado ao processo), em razão da semelhança com a do Departamento de Economia – DECON. Em meados de 2016, assumem a direção do DEINFO os professores [Obionor Nóbrega](#) e [Suzana Sampaio](#). Foi pelas mãos de Obionor e Suzana que o DC nasceu, e sempre esteve claro que esse foi um parto difícil para os dois. Essa é uma história que somente eles poderão contar, se quiserem; a todos nós, cabe agradecer por esse empenho em levar a termo um esforço de cinco anos. A criação do DC foi aprovada pelo Conselho Universitário em 1 de setembro de 2017, através da [Resolução N° 052/2017](#), que copio na Figura 4.8. Em 9 de maio de 2018, uma nova portaria atribui a direção do DC a Obionor – portanto, oficialmente nosso primeiro diretor – e a direção do DEINFO a Wilson, ambos em regime *pro tempore*. Eleições abertas, o departamento se agrupa em torno de uma chapa única, composta pelos professores [Robson Medeiros](#) e [Marcos Carcoso](#). Robson assume a direção do DC em 29 de junho de 2018, e em 20 de março de 2018, os docentes do DEINFO que manifestaram interesse em compor o DC são transferidos, através da [Portaria No. 370/2018-GR](#). A gestão de Robson estruturou e fez funcionar o departamento. As comissões fixas foram formadas e passaram a atuar, as superviões iniciaram planos de ação. A pandemia trouxe seus revezes e barreiras para nós,

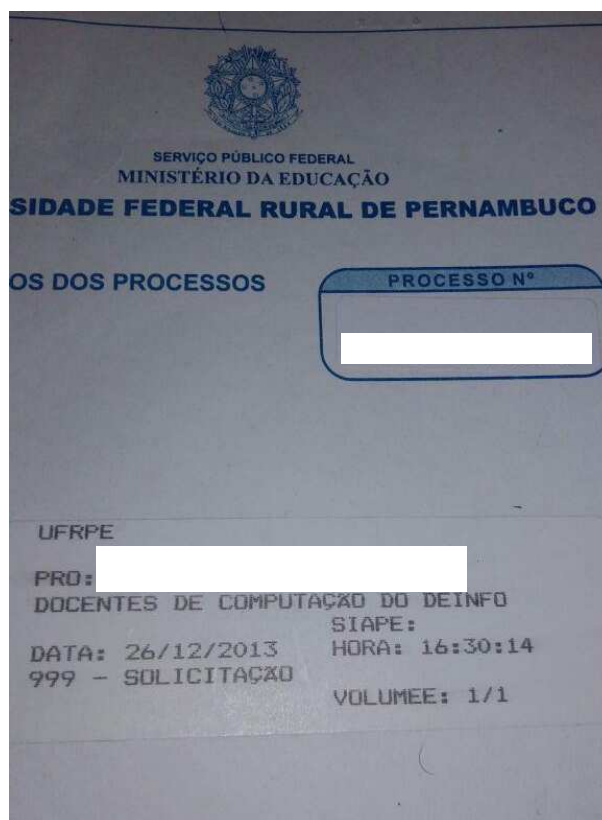


Figura 4.7: Capa do processo físico que propõe o desmembramento do DEINFO e a criação do Departamento de Computação, aberto nos últimos dias de 2013. A autoria do processo foi registrada como um coletivo: *docentes de Computação do DEINFO*.

como o fez para o resto do mundo, mas nessa altura, o departamento não somente já tinha a solidez necessária para permanecer ativo, como ofereceu ajuda à universidade<sup>12</sup>, porque se para nós, da Computação, o universo digital é tão natural quanto o físico, para muitos setores, essa novidade forçada esteve à beira do inexecutável.

O DC é um departamento jovem, grande e audaz, e a UFRPE até hoje se acostuma com ele. Os diálogos produtivos, a criação de pontes, são conquistas que exigem paciência. Decidir estar em um local assim, não deixa de ser uma aposta no futuro. Contribuir para a construção desse futuro traz todos os ardores que exponho neste texto, o que, paradoxalmente, é um privilégio. Construir sempre será um privilégio. Mas, houve um longo interstício em que permaneci à margem dessa construção. Retornemos a 2016, onde retomo o relato específico à minha personalidade.

A maior parte de nós, que atua na docência e pesquisa, cresceu em uma escola com o propósito claro de formar cientistas, a pós-graduação acadêmica. Essa casa tem muitas moradas, e é suficientemente magnânima para abrigar todas as tribos da

<sup>12</sup>Por exemplo, o sistema eletrônico de votação, crucial para a realização de eleições de coordenações e direções durante a pandemia, foi estruturado por uma comissão liderada por Robson.



em assuntos absolutamente estranhos à restrita margem de segurança que delimitava minhas expertises. Terceiro, porque, em sendo profissionalizante, o programa encontrava no mercado, e não na pesquisa abstrata, sua esfera natural de atuação. A dissertação típica de um programa profissionalizante aborda um problema concreto de uma instituição, pública ou privada, e precisa, além da contribuição científica, apresentar uma solução a esse problema, comumente em forma de artefato.

Esse programa trazia, entretanto, uma novidade ainda mais assombrosa para o cientista habituado às agências de fomento e alheio à existência de outras fontes de financiamento da pesquisa: a execução de turmas financiadas por convênio. Um programa profissionalizante não recebe recursos federais; antes, deve, em suma, financiar-se por conta. Esse procedimento, comum nos dias em que este memorial está sendo escrito, ano de 2025, era, quando o programa iniciou suas atividades, a porta para o desconhecido, não somente para nós, mas para a universidade toda.

Quando deixei a supervisão da área de Fundamentos da Computação, em maio de 2015, imaginei que me distanciaria de assuntos administrativos por três anos ou mais, ao menos o tempo necessário para reconstruir minha pesquisa. Esse almejado interstício mal passou dos seis meses. Em janeiro de 2016, torno-me o coordenador do PPGTEG, nomeado pela primeira portaria do ano da universidade, Portaria 1/2016-GR de 4 de janeiro de 2016. Sou em seguida reeleito, torno-me *pro tempore*, e só deixo a coordenação em 1 de junho de 2021, substituído por Prof. [Sônia França](#) da Unidade Acadêmica de Educação a Distância. Por mais de cinco anos, vejo-me às voltas com a condução desse programa, ainda estranho para mim, e mesmo hostil, em razão dos agravantes que acabo de mencionar. Como de hábito, ascendi a essa posição por convite, e a cena da anuência a essa empresa incogitada, uma reunião na qual colegas propuseram que eu compusesse uma chapa, estenderam a mim o formulário de inscrição, e eu, egastulado que ainda estava ao compromisso que firmei no doutorado, preenchi e assinei, simplesmente, um ato de alguns minutos, que selou meus próximos anos, permanece em minha memória vívido com clareza solar.

Nenhuma contribuição aos propósitos deste texto, nem mesmo um novo momento de entretenimento ao leitor, poderia ser extraído da narração pormenorizada das peripécias que entrei a curtir, junto a meu valoroso colegiado, a partir desse janeiro. Fazendo uma retrospectiva, esses cinco anos se me afiguram como um *continuum* de complexos sempre urgentes a serem deslindados, muitas vezes ao desabrigo de procedimentos conhecidos na universidade, nos quais se amalgamavam a execução de convênios, a harmonização de calendários heterogêneas associados a turmas de realidades distintas, e a necessidade de enquadramento a regras acadêmicas moldadas a programas acadêmicos. Se houve um instante de inatividade nessa saga, foi aquele imposto pela aterradora vaga da pandemia, mesmo porque me contaminei em maio de 2020, desenvolvi a temida pneumonia viral, e passei duas semanas internado

no isolamento, felizmente, sem necessidade de entubamento. Essa breve suspensão no entanto em nada alterou o oceano revolto em que navegávamos, pois a necessária adaptação às atividades remotas sobrevinda a todos os setores da universidade pareceu o menor dos problemas que nos afrontava, diante da percussão implacável de assuntos a se resolver com o DRCA, a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, a Reitoria, a Procuradoria Jurídica e a Contabilidade que reassomava com a mesma intensidade. Em tão exasperantes fráguas, consumiam-se mesmo nossas capacidades de raciocinar, planejar e criar, o que acabou por solapar, mais uma vez, minhas possibilidades de introduzir uma novidade, uma inovação, uma modificação que fosse ao programa, para além da mera manutenção de seu funcionamento. Isso, ao menos, posso asseverar que foi feito com a contínua observância dos princípios fundamentais da Administração Pública, no melhor de nossas forças e nosso entendimento.

Se consterno o leitor com o pesar que imprimo a essas linhas, devo acrescentar com a mesma sinceridade que tivemos muitos momentos felizes, e edificamos cooperações verdadeiramente solidárias e duradoras no seio do PPGTEG. Nesse particular, não posso deixar de mencionar o trabalho conjunto de longa data, repleto de histórias e memórias, que mantenho até hoje com Sônia, que me sucedeu na coordenação do PPGTEG, e com Profa. [Juliana Diniz](#). Durante minha gestão, ambas foram tão construtoras do programa quanto eu, e das tramas que tivemos que desurdir ao longo desses cinco anos, não me lembro de uma em que não pude contar com a participação ativa de ambas. No momento em que este memorial está sendo escrito, Sônia está terminando sua coordenação, tendo permanecido nessa posição tanto tempo quanto eu, e Juliana foi sua substituta eventual. É tangível a consolidação que ambas trouxeram ao programa, na qual destaco a pavimentação das veredas para a formalização, a execução e a finalização de um convênio, antes labirínticas e pedregosas.<sup>13</sup> Aplaudo a seriedade de ambas na condução desse esforço, e sou muito grato pela parceria, que hoje constitui um capítulo inteiro da trajetória de cada um de nós na UFRPE.

O PPGTEG é um programa notável e importante, porque sua temática dialoga com problemas relevantes da contemporaneidade. Além disso, o PPGTEG se consolida cada vez mais como um foco regional gerador de conhecimento, por abrigar turmas oriundas de diversos estados. Aqui, no PPGTEG, vivenciamos grandes trocas de saberes! As experiências mais duradoras que tive com estudantes foram no PPGTEG, onde orientei algumas dissertações, que listo no Capítulo 5, e essas foram experiências transformadoras, ao me expor a novas e maravilhosas realidades, ignoradas por

---

<sup>13</sup>Dentre os avanços introduzidos pela gestão de Ricardo no Ipê, um dos mais relevantes foi a estruturação de um marco regulatório, na forma de resoluções, que elucidaram e organizaram os caminhos para a instituição de parcerias e a realização de atividades remuneradas, além da criação das figuras de Unidades de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) e Projeto de Desenvolvimento Institucional de Unidade (PDIU). Essa regulamentação abriu possibilidades extraordinárias para técnicos e docentes e dinamizou a atuação da universidade. O PPGTEG rapidamente se beneficiou desses instrumentos.

mim, e que assim permaneceriam sem esse impulso externo. Termino o relato sobre minha experiência no PPGTEG desejando um futuro ainda mais brilhante para o programa, que, assim como a LC, vem sendo forjado através da dedicação continuada, em uma longa sucessão de anos, à superação de barreiras. E prossigamos em nosso fio narrativo, agora em junho de 2021, quando deixo a coordenação do programa.

À época, comentei com Robson, diretor do DC, uma pretensão idealizada já há algum tempo de afastar-me um pouco para uma necessária reflexão, talvez em uma licença capacitação, ou mesmo um pós-doutorado, certo que estava de que os anos tributados à gestão no DC e no PPGTEG facultavam-me um direito inegável a esse fôlego. Em julho, alquebrado por uma chikungunya que, para maior infortúnio, acometeu a todos em casa, faço um sonho vívido e impressionante: eu, como soldado, estacionado em um acampamento em meio a uma floresta tropical, sou abordado por um oficial, que me pergunta se aceito a missão (sem detalhar que missão seria, como se já fosse de meu conhecimento), a que respondo afirmativamente, com firmeza, e o sonho termina. Logo ao despertar, deparo-me, ao pegar o telefone, com um colega convidando-me para um diálogo sobre o futuro do departamento, considerando que Robson havia manifestado a intenção de ser substituído. Na conversa, apresenta-se a proposta de que eu assumo a direção do DC, já que eu era um dos docentes mais antigos, tinha alguma experiência de gestão, e havia participado da criação do departamento. Peço alguns dias para pensar, no que foi uma mera veleidade, porque o antigo compromisso com a universidade, nessa altura já tomando os contornos de espectro obsessivo, secundado por um sentimento de dívida com o departamento, após os anos na gestão de um curso externo, e, não menos importante, *o sonho*, decidiram como que por mim adiar, mais uma vez, a anelada “vida nova”, o reencontro comigo mesmo, o mínimo de silêncio para, enfim, poder reacender a chama da pesquisa.

Chamei um diálogo com diversos setores do departamento: técnicos, supervisores, presidentes de comissão, e de fora dele, como o [Instituto Ipê](#), unidade extraordinária concebida no reitorado de prof. Marcelo, então vigente, e sob direção de Prof. Ricardo Souza, do DC, que tanto já havia contribuído para o departamento e a gestão da UFRPE, como narrei anteriormente. Sobretudo, tratei com Prof. [Sidney Nogueira](#), substituto eventual de Robson (no lugar de Marcos Cardoso, que havia assumido uma posição no Instituto Ipê) a proposição de uma chapa, na qual ele corajosamente permaneceria nesse cargo por mais um tempo. Feitos esses entendimentos, em 7 de outubro de 2021, pouco mais de quatro meses após deixar a coordenação do PPGTEG, torno-me o diretor do DC, nomeado pela [Portaria 867/2021 GR](#).

Uma das lembranças mais significativas que trago dessa época é uma previsão involuntária e desinteressada que fiz de soslaio a um colega, e que acabou por

resumir com exatidão minha gestão: nesse novo e inesperado rapto de meus projetos pessoais, eu trabalharia com intensidade durante os dois primeiros anos; no terceiro, eu perderia fôlego; no quarto, impossível prever meu estado. Com efeito, desde os primeiros dias, lancei-me furiosamente à gestão do departamento, ocupando nisso a integralidade de meus dias, o que equivale dizer que eu me postava manhã, tarde e noite em frente ao monitor, pois ainda estávamos no regime de distanciamento social, e todas as nossas atividades aconteciam de forma remota. Cada problema, cada imbróglio, era defrontado com um ímpeto de destruição, o que me conservava continuamente vigilante, pois em uma direção, eles não são poucos! Nesse afã, eu escutava repetidamente os concertos para piano de Prokofiev, especialmente os concertos 2 e 3, que funcionavam como doses de adrenalida. Trespasaram minha graduação longas audições dos quartetos de cordas de Beethoven; meu mestrado, sinfonias de Beethoven e Brahms; meu doutorado, concertos de Rachmaninov e as últimas sonatas para piano de Beethoven. Nos dois primeiros anos da gestão do DC, foi Prokofiev. O terceiro e o quarto, não se esquivaram também à previsão! A história desses quatro anos é a derradeira que contarei neste memorial, com a mesma concisão de que me vali para o PPGTEG, pois, mais uma vez, qualquer tentativa de pormenorizar essas novas aventuras terminaria por exorbitar dos limites razoáveis deste documento, e não traria conteúdo melhor do que uma lúgubre procissão de lamentos.

Minha gestão do DC pode ser resumida em uma operosidade obstinada em torno de dois eixos bastante claros: a superação da burocracia, e a criação de condições de trabalho adequadas ao pleno desenvolvimento do potencial de nosso corpo docente. Em nenhum direi que tive sucesso; em ambos, apliquei-me de coração.

A necessidade de se impor um manejo, uma racionalização à burocracia foi mais do que uma pauta; foi uma necessidade visceral, incontornável. Assim como o profissional da Veterinária ressentia-se profundamente dos maus-tratos perpetrados a animais, para um espírito formado na Ciência da Computação, o ato de lidar maquinalmente com procedimentos cuja possibilidade de automação é evidente, tangível, revolta até o âmago. Dar à máquina o que é da máquina, dar ao homem o que é do homem, esse objetivo fundamental, mesmo em nossa época de efervescência dos grandes modelos de linguagem, ainda é uma utopia, mas é nosso dever perseguí-lo em toda oportunidade que se nos depara. Em 2021, a tramitação de processos na UFRPE já se digitalizara, por força da pandemia<sup>14</sup>, o que oferecia um campo aberto à imaginação, pois uma vez que se abandona o papel – e certos setores ainda resistiram a essa mudança – a Computação pode oferecer suas ferramentas. Processos de afastamento, progressões, projetos de pesquisa, relatórios docentes, são todos conjuntos de

---

<sup>14</sup>Em 2019, os processos ainda eram físicos na UFRPE, mas a universidade já havia adquirido um sistema de gestão acadêmica, que estava em fase de testes, e assim permaneceria por algum tempo, antes do seu uso em larga escala. Quando as atividades se tornaram remotas, em 2020, o sistema foi imediatamente adotado, para evitar a paralisia da universidade, mesmo que de forma imperfeita.

documentos sujeitos a regras bem definidas em resoluções. Em todos eles, comissões, relatores, colegiados, fazem análises – sempre para verificação dessas regras – e geram novos documentos, igualmente previsíveis. Em sua maioria, as etapas dessas longas cadeias não passam de operações formais, que somos levados a repetir sem a mínima necessidade de emprego de nossas faculdades, e que acabamos por realizar lançando mão de estratégias como a manutenção de bibliotecas pessoais de trechos textuais para copiar e colar. Eximem-se tais processos da análise humana? Absolutamente! O julgamento da admissão do resultado de um concurso, de uma dispensa de disciplina ou de uma progressão sempre deverá ser exclusividade do ser humano; a provisão de elementos para que se tome tais decisões, se depender de etapas mecânicas, não!

Para mim, a essencialidade dessas noções enraizava-se em meus primeiros contatos com a Computação, que narrei no início deste memorial, no meu entendimento dos propósitos mais básicos da área, de forma que consumir manhãs ou tardes inteiras executando operações que antes deveriam ser o resultado de algum *script* frequentemente doíam em meu espírito como uma ofensa. Com o tempo, a repetição dessas atividades acabou por solapar parte de meu equilíbrio, levando-me à revolta! Certa vez, passei dias a fio, quase uma semana, inserindo despachos em dezenas de processos, todos iguais, alterando-se somente os dados atinentes ao processo, e isso manualmente no sistema de processos digitais, tendo de atravessar, para cada um, uma sequência de telas, com transições lentas, e frequentemente interrompidas por erros do sistema. Ao sentir-me reduzido a um enorme e ineficiente *laço for*, jurei nunca mais renegar minha natureza e minha formação em tão extremas extensões. Na verdade, minha indignação enraizava-se em noções mais profundas do que minha sina particular: nem eu, nem a secretaria, nem ser humano algum, unicamente por ser portador de humanidade, merece deter-se em tamanha anomalia, que bem poderia ser incorporada às cenas irônicas e patéticas de Charles Chaplin na linha de montagem em [Tempos Modernos](#). Passei então a buscar meios concretos de intervir, com base em meus conhecimentos, a fim de introduzir soluções, mas *hélas!*, o assalto constante de problemas e situações a se resolver novamente confinavam o tempo de que eu dispunha para a atividade criativa de engendrar soluções a períodos esparsos da noite ou fim de semana. Tentei introduzir ferramentas de gestão na secretaria, automações próprias dessas ferramentas, com sucesso relativo. Em determinado momento, fiz um esforço extra, como se apartasse duas paredes com as mãos, de ampliar minhas possibilidades de concentração nesse problema, e voltei a programar! Mas o resultado desse esforço não foi efetivo, já que saí da direção como Josef K. em [O Processo](#), derrotado e englutido pela burocracia. A frustração oriunda da inaptidão para introduzir alguma melhoria palpável na gestão de processos, ao menos dentro do DC, só foi aliviada pela percepção de que esse é um problema que requer um projeto robusto, e muita paciência. Isso aprendi com meu colega Prof. [George Valença](#), que dentre suas

múltiplas expertises, pesquisou sobre a adoção de *Escritórios de Processos* (BPMO) em organizações públicas. Lê-se em uma de suas publicações [36]: *Peculiaridades inerentes a este contexto, como pouca flexibilidade a mudanças e rigidez da estrutura organizacional, dificultam a consolidação do BPMO neste setor*. Isso é o que enfrentamos na Ruralinda, e na gestão pública em geral. Mas não desisti dessa empreitada. Ao retomar contato com a programação, acontecimento que credito entre os benefícios mais importantes que auferi de minha gestão, e que detalho um pouco mais no Epílogo, imediatamente eu quis transformá-la em uma empreitada de uma vida inteira. Nessa espécie de vingança positiva, com o perdão do oxímoro, senti-me encarnando um [Heathcliff](#) peculiar, de forma que não me verei satisfeito enquanto não interferir na gestão de processos na UFRPE. Essa é, portanto, uma história que não terminou.

A abundância de possibilidades latentes naquele corpo de cerca de cinquenta docentes, em sua maioria jovens, recém-egressos do doutorado e ávidos por colocar suas habilidades à prova, tornou-se-me nítida em conversas que tive, no início de minha gestão, com os membros de um grupo de pesquisa que buscava se estruturar, o [AiBox](#). Estavam à frente desse esforço Professores [André Câmara](#), [Péricles Miranda](#) e [Rafael Ferreira](#). O AiBox executava projetos, tinha bolsistas, criara pontes com outras instituições, e no prédio João Vasconcelos Sobrinho, onde, nessa altura, já estávamos integralmente instalados, apinhavam-se em um espaço estreito, no térreo do prédio, em meio a equipamentos e mobiliário antigo. Duas providências pareceram-me exequíveis naquele momento, na intenção de assegurar um apoio mínimo do departamento a esse grupo que se afirmava. Primeiro, abrigá-lo em espaço físico mais condizente com seus potenciais. Segundo, formalizar o AiBox como um *laboratório de pesquisa*, tornando-o uma unidade organizacional oficial da universidade.

No acordo que nos instalou nesse prédio, as salas do segundo andar permaneceriam reservadas para o DC, e poderíamos delas dispor como julgássemos adequado. Por outro lado, a complexa aparelhagem de ar-condicionado que fora instalada no mesmo, um sistema centralizado, industrial, antes da pandemia já deixava de funcionar em alguns espaços. Além disso, o prédio sofria com infiltrações, que castigavam as atividades que deveriam ocorrer em suas dependências. Esses embaraços conservavam algumas salas devolutas, especialmente pela impossibilidade de permanência sem a climatização adequada, considerando que o prédio é poente e refratário à circulação de ar. Acresce a esse estado de coisas o período atravessado pelas universidades federais, no qual o estrangulamento severo do financiamento federal não as paralisou por completo apenas porque teimamos todos em persistir, executando nossas atividades mesmo quando afrontados por condições indignas e aviltantes. Essa conjuntura, na prática, inviabilizava os serviços de manutenção do prédio, e não mais podíamos fazer do que remeter reiterados pedidos de socorro à gestão superior. Eram cenas pungentes aquelas em que professores, diretores e coordenadores de curso nos

abordavam buscando providências para a solução desses problemas, pois que vários cursos e departamentos fazem uso do prédio, e o que estava a nosso alcance nada mais era do que apresentar o registro da solicitação de reparo, e nos irmanar a esses colegas! Frente a esses obstáculos, propus ao AiBox a instalação em uma das salas problemáticas do segundo andar, espaço mais amplo do que a salinha estreita no térreo, descompromissando o departamento de qualquer recuperação da sala, cabendo a eles, com recursos de projetos, prover o necessário para seu funcionamento. A solução foi bem-sucedida: o AiBox construiu um espaço de trabalho exemplar.

Manietados que estávamos no imobilismo imposto por essa ominosa quadra da História, esse singelo triunfo era algo a que se agarrar e desenvolver! Chamamos uma ampla discussão no departamento, convidando o corpo docente a se organizar em grupos com interesses comuns e apresentar propostas de laboratórios de pesquisa. Em paralelo, negociamos a instalação desses laboratórios em salas do segundo andar, em condições semelhantes às oferecidas ao AiBox. Não havendo espaço disponível no prédio para gabinetes de docentes, fazia parte da solução que os mesmos *habitassem* os laboratórios, compartilhando esses locais com as práticas que lá fossem executadas. Essa reformulação está historiada no processo 23082.013082/2022-17, que, como um aceno para o futuro, insere na estrutura da universidade um parque robusto de laboratórios de pesquisa, especializados em desafios relevantes de nossos dias.

Nos dois primeiros anos de minha gestão, lancei-me com intensidade a esses desafios, como já narrei. Iniciei o terceiro ano carecendo da mesma vitalidade, o que se agravou ao longo de 2024, especialmente devido a um processo de renovação da secretaria do departamento, fazendo-me acumular por alguns meses as atribuições desse setor. Isso culminou, em novembro, em um quadro de estafa tão incapacitante que precisei recorrer a apoio psiquiátrico. Jamais imaginei que condições como *burnout* fariam parte de minha rotina, necessitando de atenção especial, medicamentosa inclusive! A saúde mental ainda é um assunto que desperta desconfiança, e, por isso, deve ser abertamente discutido, especialmente por aquele que se vê arrojado em seus complexos, capazes de ferretar uma existência inteira. Meu quarto ano caracterizou-se como uma batalha diária comigo mesmo, porque, em certos momentos, custava-me até responder mensagens ou acessar o sistema de gestão acadêmica. Se o departamento permaneceu em funcionamento, isso se deve a nossa dedicada equipe, nossos supervisores, nossas comissões, e sobretudo, nosso corpo técnico, que menciono pela primeira vez neste texto. Faço um agradecimento particular a Sidney, que tive a felicidade de contar como meu substituto eventual. Sidney ajudou-me de muitas maneiras, extrapolando a designação *eventual*, pois trabalhou ativamente ao longo desses quatro anos, especialmente assumindo a gestão sempre que precisei.

Minha gestão findou em 29 de setembro de 2025, quando Prof. [Rafael Perazzo](#) foi nomeado diretor através da Portaria GR/UFRPE 1.091/2025. Terminei esse enga-

jamento arrastando um cortejo de problemas de saúde, como um SAHOS avassalador que dilapida minhas energias durante o dia. No início de setembro entrei de férias, e a gestão foi concluída por Sidney. Desapareci sem me despedir ou esboçar uma prestação de contas, e, mesmo que essas linhas não sejam lidas por nenhum de meus colegas, deixo registrado um pedido de desculpas! Acredito no projeto do DC, que tem peculiaridades que outros departamentos de Computação não tem; uma delas, é estarmos na Ruralinda, e isso é um manancial de possibilidades! Espero, como disse no início deste capítulo, que futuramente possamos coligar os eventos que narro neste texto, e outros eventos, em um livro de memórias, no qual algumas dessas possibilidades apareçam convertidas em realizações. Nesse dia, estaremos certamente felizes, frente ao privilégio de termos feito parte das origens de uma instituição tão excepcional. Concluo com uma “fotografia” do departamento que apresentei no final de 2024 em um *White Paper DC*, veículo de comunicação interna que eu escrevia às vezes; ela está na Figura 4.9. Agradeço a cada um presente nessas três páginas.

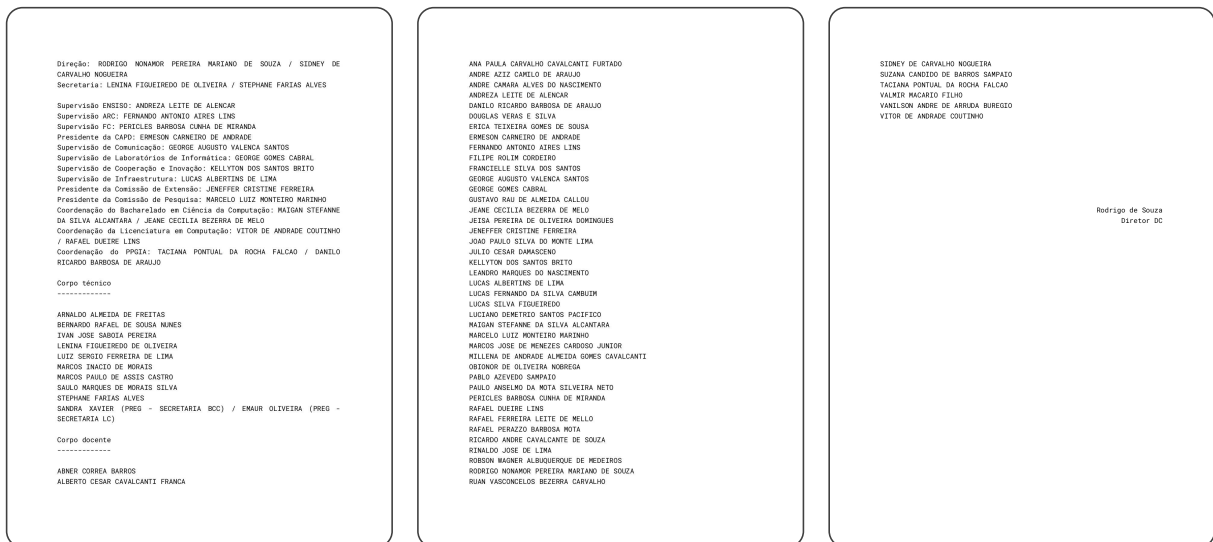


Figura 4.9: Configuração do DC no final de 2024.

A Ruralinda tem peculiaridades que a tornam de fato linda. Uma delas é uma abertura cultivada em todas as instâncias da comunidade acadêmica, cultura que faz com que estudantes criem laços de amizade com técnicos e coordenadores, e a reitoria se torne um local de escuta para gestores. As críticas a uma ou outra gestão, mesmo justas, aqui estariam fora de propósito, porque meu propósito é destacar a prática verdadeiramente arraigada nesta instituição, transversal a todas as gestões, de se estender mãos, ouvir e colaborar, nos limites de cada um e de cada setor. Em São Paulo, dimensões à parte, não é comum um grupo de estudantes conseguir uma audiência na reitoria. Aqui, não somente isso é corriqueiro, como às vezes a reitoria

já está ciente do problema. Isso é quase que um patrimônio da Ruralinda.

Igualmente especial é o estágio à docência que essa universidade até hoje me proporciona. Não me refiro ao oficial – aquele com três módulos, requisito institucional pelo qual todos os docentes devem passar – mas à experiência em sala de aula, nos colegiados e nos corredores dessa universidade, onde parece que ecoa um sussurro com as palavras controversas do controverso Paulo Freire:

*Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa.  
Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.*

Aqui tomei contato com uma docência isenta de posições de poder, erva daninha às vezes manifesta, por outras sutil, que precisa ser erradicada das salas de aula, pelo antagonismo e o potencial anulatório ao processo de ensino-aprendizagem. Claro que notícias de exageros também são ouvidas aqui, tampouco são raras, mas, como tudo na vida, a intenção deve ficar clara. O docente que exorbita dos limites comuns de rigidez, nos métodos e no proceder, não poderia, a rigor, ser contestado, se o fizer com o intuito de promover o aprendizado. Dona Vicentia e Dona Rosalina, de quem falo no primeiro capítulo, eram firmes, e dedicavam-se de toda alma à evolução de suas turmas. Mas o abuso do título, o abuso da condição de docente, a embriaguez com uma suposta posição de poder, esterilizam uma oportunidade que poderia ser bela, tanto para a turma, quanto para o docente, a oportunidade de se celebrar a cerimônia verdadeiramente sagrada de se construir conhecimento coletivamente. É essa cerimônia que estou aprendendo a celebrar na Ruralinda. De que servirá anunciar que tenho um doutorado na França, se de nada isso se aproveita para construir a compreensão precisa, sutil, de que há problemas que não se resolvem com computadores, um dos tópicos da disciplina de Teoria da Computação? Quantas vezes se deve ensinar um mesmo assunto, seriam sete vezes, ou setenta vezes sete vezes? Uma das maiores satisfações oriundas do ofício de docente é a percepção de que se atravessa a Zona de Desenvolvimento Proximal definida por Vygotsky, o que equivale a dizer que, trabalhando juntos, aquilo que eu sei, meu estudante também começa a saber. Trabalhar juntos, é fazer-se igual ao estudante, e esvaziar essa identificação de qualquer sentimento de desmérito. Imre Simon, o maior mestre, fez-se de estudante durante minha defesa de mestrado, acompanhando com evidente atenção, aprendendo alguma novidade talvez, mas sobretudo, permitindo-me ter voz. Que arte sutil é a docência. Não terminei nem vejo horizonte de término de meu estágio à docência na Ruralinda. Semestre que vem, aprenderei um pouco mais, aprimorarei um pouco mais a habilidade, ainda incipiente em mim mesmo, de facilitador de aprendizagens.

Dessa forma, após a narração de todos os meus dramas vividos nessa instituição, quero fazer um agradecimento sincero à Ruralinda, hoje minha casa, e que continuará a ser. E nesse agradecimento, quero (já que este texto é meu – Instru-

ção Normativa N. 001/2014-GR/UFRPE) fazer uma menção especial aos dois reitores com quem trabalhei na maior parte de meu percurso na gestão, Prof. Marcelo, que já apareceu neste texto, e Profa. [Maria José de Sena](#). As diferenças de visão de mundo entre ambos, fenômeno comum em qualquer contexto político, não vem ao caso neste texto. Somente quero que ambos sejam os derradeiros na lista de mestres que busquei homenagear! Em tantas conversas que tive com ambos na reitoria, por dez anos, não somente se concebia, invariavelmente, soluções para os problemas difíceis que tive de lá levar, como recurso derradeiro, como me impressionava o magnetismo, a entrega e a força que ambos demonstravam na condução da universidade. Sem saber, ambos foram, mais do que exemplo, dois professores para mim, certamente o foram para muitos outros. Em nome de Profa. Maria e Prof. Marcelo, agradeço também a toda a gestão superior, os vice-reitores, os pró-reitores, os técnicos, especialmente as pró-reitoras com quem interagi na PREG, que sempre me receberam de forma atenta e solidária. A Ruralinda tem peculiaridades que a tornam de fato linda, repito.

Aqui termina a personalíssima récita de minha trajetória acadêmica. Ao leitor que tenha resistido até aqui, talvez intoxicado pela autoindulgência que, reconhecidamente, prodigalizei nessas linhas, deixo também um agradecimento, pois em um mundo em que a ânsia de falar supera largamente a de ouvir, um ouvinte da história de uma vida toda é um privilégio inexistente em qualquer rede social, às vezes mesmo entre as pessoas mais próximas. Se ainda lhe restar paciência, convido-o para um Epílogo que fala do futuro, que espero construir sempre com os olhos postados no belo – *beauty is our business* – e contribuindo para um mundo melhor, através da ferramenta que desde criança aprendo a manipular, a Ciência – *Scientia vincet*.



## Epílogo

A jornada que descrevi neste memorial teve início com uma propensão natural, infantil, a aprender a arte da programação. Já na graduação, quando pude desenvolver largamente essa habilidade, logo precisei sepultá-la por mais de duas décadas, imerso que estive ora no universo das máquinas abstratas, ora naquele brutalmente concreto da gestão. Alheei-me da senda mais frequentada em minha área de conhecimento, na qual o viajor pode testemunhar e participar do advento de vagas sucessivas de novas tecnologias que, do meu ponto de vista, todos conheciam, menos eu. Não aprendi a programar em Python, habilidade que, com o tempo, parecia tão fundamental quanto as quatro operações. Mas meu apreço original à programação nunca foi afetado, e por todo esse tempo, aguardei a oportunidade de voltar, mesmo que inábil e desatualizado, como um pianista que passa anos longe do piano.

A despeito de avanços recentes importantes, muitos trâmites da Ruralinda permanecem grilhetados a manipulações manuais, complexas e repetitivas, estado de coisas anacrônico, absolutamente em descompasso com nossa época de emergência de agentes *inteligentes*<sup>15</sup>. Para alguém oriundo de um Bacharelado em Ciência da Computação, preencher manualmente um amontoado de formulários, ao invés de implementar uma solução que o faça, o leitor perdoe qualquer impressão de melindre, é uma atividade intolerável, como já mencionei. Declaro em alta voz minha incapacidade de permanecer imóvel diante de tais procedimentos, pois é rigorosamente para superá-los que desde a infância empreendo uma Cruzada de estudo da Computação.

Foi por isso que, em meio aos fogos permanentes da direção do departamento, lancei-me a, entre uma coisa e outra, esboçar ideias, trechos de código, primeiro em [Perl](#), depois em Python, para tentar automatizar certas tarefas da secretaria, especialmente a geração de documentos. Voltei a programar. Esse movimento começou no final de 2023, em excelentes diálogos que surgiram com meu caro colega Prof. [Vanilson Burégio](#) que, não somente conhecia muito bem as pilhas de tecnologia do passado e do presente, como também havia trabalhado ativamente com elas. Vanilson logo afastou-se para o exterior, mas busquei manter o élan e, guiado pela intuição,

---

<sup>15</sup>Tenho ressalvas ao uso do termo *inteligência* nessas tecnologias, de modo que me aproximo um pouco, mas sem a mesma veemência, do posicionamento de meu antigo professor [Valdemar Setzer](#).

passsei a estudar, superficialmente e sob demanda, bibliotecas, tecnologias de *backend*, padrões de projeto, construindo, paulatinamente, uma ferramenta de geração indolor de documentos a partir de modelos. Em determinado momento, um código cheio de vícios que se avolumava, e que foi por diversas vezes reconstruído (fenômeno comum nos processos de desenvolvimento sem método, como era o meu), resultou em um artefato minimamente funcional, um Produto Mínimo Viável, ou MVP, como aprendi com meu colega George Valença. Cheguei a utilizar esse artefato para a geração de alguns poucos documentos que fizeram parte dos processos digitais do DC.

Animado com o resultado, resolvi pensar em um nome, e Franz Kafka ajudou-me com isso. As diversas situações estranhas, labirínticas com que nos deparamos quando estamos na gestão da universidade, às vezes me faziam pensar no maravilhoso *O Processo*; parecia que as situações absurdas do livro às vezes se confundiam com as da realidade, e passei mesmo a recomendá-lo a colegas da gestão. Vivo no Brasil, a gestão universitária parece o livro de Kafka. Kafka, Brasil. A Ruralinda tem cabras que passeiam pelo campus, tangidas por funcionários; às vezes estão atadas à beira das vias, às vezes sobem às árvores. Kafka, Brasil, cabras da Ruralinda, um breve momento de epifania sugeriu-me Kabra, e assim passei a chamar minha ferramenta e, por extensão, minha indústria particular de *software*, um nome reconhecidamente engraçado, mas tenho certeza que melhor do que *Unlimited*. Animei-me e pedi uma máquina virtual à RNP, configurei um servidor *web* e lá implantei o Kabra.

Até hoje, ninguém usou o Kabra, além de mim, malgrado meu plano de abrir a ferramenta para o departamento. Cheguei a reunir o Conselho Técnico-Administrativo do DC para anunciar que a direção do DC, na minha pessoa, promoveria um esforço nos próximos meses de automatizar a geração de documentos. Essa intenção foi atropelada por uma exigência administrativa que aguardava resposta urgente, depois outra, e outra, mesmo destino de muitas outras intenções no passado, eis o drama do cientista gestor. Mas esse retorno às origens foi tão significativo, que não abandonei o projeto, muito pelo contrário: provavelmente ele será reescrito, quiçá em definitivo, se eu puder, finalmente, apropriar-me de métodos corretos de desenvolvimento de *software*, agora que terminou minha direção.

A interrupção no desenvolvimento do Kabra ocorreu no primeiro semestre de 2024, época em que nova revolta apoderou-se de meu espírito, dessa vez, oriunda de problemas recorrentes na alocação de aulas no prédio que nos serve de domicílio, o João Vasconcelos Sobrinho. Esse prédio, como comentei, atende a diversos cursos, além dos de Computação, e a alocação sempre foi levada a cabo através de um procedimento descentralizado, no qual setores diversos – coordenações, Pró-Reitoria de Ensino de Graduação, a direção do DC<sup>16</sup> – distribuíam disciplinas em salas, numa

---

<sup>16</sup>O Regulamento Geral da Graduação impõe que as disciplinas oferecidas por cada departamento tenham seus espaços definidos pela direção, no início de cada semestre. Tecnicamente, a direção do

divisão que, ao longo dos meus quatro anos de gestão, resultou, a cada início de semestre, em episódios catastróficos que assaltaram docentes e estudantes, como multiplicidade ou indefinição de responsabilidades, sobreposição de alocações, disciplinas não alocadas. Situação que claramente exigia uma nova governança, através de uma plataforma comum de atuação, que incorporasse todos os setores administrativos envolvidos no procedimento, e que clamava com urgência a entrada em cena da Computação, para dar ao homem o que é do homem, e à máquina o que é da máquina. Então me lancei, já nesse primeiro semestre de 2024, ao desenvolvimento de uma ferramenta de alocação que pudesse contemplar nossa realidade de recursos compartilhados, considerando que algumas ferramentas gratuitas, que testamos com apoio de nosso dedicado supervisor de laboratórios de Informática, Prof. [George Cabral](#)<sup>17</sup>, não atendiam a todas as peculiaridades de nossa realidade. Adotando o método de trabalho artesanal da corporação Kabra, iniciei, entre uma coisa e outra, o esboço de um banco de dados que refletisse nosso mini-mundo de cursos, setores administrativos, pessoas e locais, cuja modelagem evoluiu lentamente ao longo dos meses, e talvez nem esteja pronta, porque às vezes, a vivência na realidade da alocação, que é mais complicada do que parece, mostra a necessidade de um novo atributo ou um novo relacionamento. Em paralelo, desenvolvi a ferramenta devagarinho, ao longo de 2024 e 2025, também em Python, sofrendo dos mesmos males da época do desenvolvimento do Kabra, mas de forma atenuada, pois em dois anos se debruçando sobre uma atividade, mesmo que imperfeitamente, lições são aprendidas. Batizei a ferramenta de Debussy, meramente porque sempre gostei de ouvir os *Préludes* enquanto programava, e a utilizei, novamente com sucesso relativo, para as alocações dos semestres 2025.1 e 2025.2. Esse esforço passou e passará por diversas visitas à PREG, para que, trabalhando juntos, erradiquemos o caos da gestão de espaços.

A prática da programação transcende o aspecto utilitário da indústria, mesmo que esse seja o dínamo principal do desenvolvimento de novas linguagens e tecnologias. Programar é uma filosofia de vida, por motivos diversos<sup>18</sup>. Primeiro por deleite pessoal, porque programar é uma atividade artística, criativa, é como tocar piano. Segundo, pelo poder com que a programação nos municia para contribuir com o mundo. Terceiro, especificamente para docentes, para que nos assenhoremos de nossa área, Computação, já que a programação é tão central, tão definidora da

---

DC está responsável por alocar a maior parte das disciplinas oferecidas para o BCC e a LC, além das externas, oferecidas para outros cursos.

<sup>17</sup>Se eu não disser, isso corre o risco de não ficar registrado em canto algum. Na época do DEINFO, George desenvolveu uma ferramenta de gestão de horários para os laboratórios de Informática, que utilizamos por algum tempo. Infelizmente o código existia somente em uma máquina virtual da universidade, que foi extinta em algum momento, e essa solução se perdeu em definitivo.

<sup>18</sup>A IA matará a programação? Duvido, assim como não matará a música ou a poesia. Para mim, mesmo sendo uma atividade lógico-formal, como defende Valdemar Setzer, a programação também é uma atividade criativa, como defende [Seymour Papert](#) em seu Construcionismo.

mesma. Programar, para nós, é um ato de autoinstrução, de aprofundamento de nosso conhecimento em nossa área e de legitimação de nossa condição de docente. É como um *kata* no karatê. É o caminho mais curto para se conectar com estudantes de Computação. Emprestando uma nova fala de Paulo Freire:

*É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz, de tal forma que, num dado momento, a tua fala seja a tua prática.*

E Knuth acrescentaria um quarto motivo! O de que programar [forja o caráter](#):

*I write lots of CWEB programs, primarily for my own edification.*

A teoria é minha vocação, e espero ter forças para voltar a ser criativo, a enxergar resultados, a fazer pesquisa e produzir na área, enfim, mesmo sem o silêncio dos anos de pós-graduação. Mas, sempre me incomodou distanciar-me tanto do que meus colegas e alunos faziam. Voltar a programar é reaproximar-me deles, sentir-me parte de uma comunidade, dispor de novos caminhos para troca de saberes, e ajudar, de maneira mais imediata, com o que a Computação pode fazer por este mundo. E sobretudo, voltar a programar é uma alegria imensa, a alegria da infância de descobrir, criar e construir ao alcance de nossas mentes exaustas de mentar, como diria Drummond. Não sei se estou velho demais, mas, considerando que tudo começou na programação, parece que, recordando a célebre passagem do Dom Casmurro, o que faço é atar as duas pontas da vida.



*Pass on what you have learned. Strength, mastery. But weakness, folly, failure, also. Yes, failure most of all. The greatest teacher, failure is. We are what they grow beyond. That is the true burden of all masters.*

Yoda, em *Star Wars: O Último Jedi*

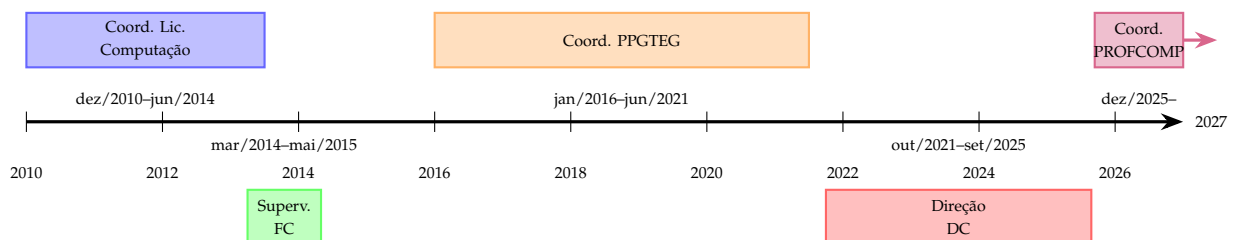
# 5

## Trajetória acadêmica

Este capítulo apresenta uma sistematização documentada de minhas atividades acadêmicas principais. Cada atividade é acompanhada por um *link*, que exibe um comprovante da mesma. A princípio, esses são *links* permanentes; o autor pede para ser informado de qualquer dificuldade para acessar os documentos.

### 5.1 Atividades administrativas

A gestão foi largamente a atividade mais presente em minha trajetória na UFRPE. A linha do tempo abaixo apresenta as principais funções; na sequência, uma lista dessas e outras funções, com comprovantes.



- **Coordenação da Licenciatura em Computação**  
Dezembro/2010 – Junho/2014  
[Portaria 1528/2010-GR](#)

- **Membro titular do Colegiado de Coordenação Didática do Bacharelado em Ciência da Computação**  
Dezembro/2010 – Novembro/2012  
Declaração [neste link](#)
- **Supervisão da Área de Fundamentos da Computação**  
Março/2014 – Maio/2015  
[Portaria 15/2014-DEINFO](#)
- **Membro da Comissão Assessora de Área de Ciência da Computação, Inep**  
Abril 2014 – Dezembro 2016  
Portaria 137/2014 Inep de 4 de abril de 2014  
Publicado no [DOU de 7 de abril de 2014, Seção 2, p. 22](#)
- **Coordenação do PPGTEG – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância**  
Janeiro/2016 – Junho/2021  
Portaria 1/2016-GR  
Publicado no [DOU de 5 de janeiro de 2021, Seção 2, p. 15](#)
- **Direção do Departamento de Computação**  
Outubro/2021 – Setembro/2025  
Portaria 867/2021-GR de 7 de outubro de 2021  
Publicado no [DOU de 8 de outubro de 2021, Seção 2, p. 33](#)
- **Membro da Câmara de Pessoal da UFRPE (exercendo a presidência em 2023)**  
Outubro/2021 – Setembro/2025  
Declaração [neste link](#)
- **Coordenação do PROFCOMP – Mestrado Profissional em Ensino de Computação**  
Dezembro/2025 – ?<sup>1</sup>  
Processo 23082.023005/2025-18 (portaria sendo emitida)

## 5.2 Disciplinas Ministradas

Declaração emitida pelo SIGAA [neste link](#)

---

<sup>1</sup>Como é uma atividade para o futuro, não tratei dela nos capítulos anteriores. Durante a direção, formamos uma equipe e propusemos a UFRPE como polo regional do [PROFCOMP](#), mestrado profissional em rede concebido pela Sociedade Brasileira de Computação. Fomos escolhidos, e o programa acaba de ser implantado na UFRPE. Por ter trazido o “problema”, acabo sendo o primeiro coordenador.

## 5.2.1 Graduação

<p><b>2009.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO (60h)</li> <li>• INTRODUÇÃO À TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> <li>• MATEMÁTICA DISCRETA (60h)</li> </ul> <p><b>2009.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CÁLCULO NUMÉRICO (60h)</li> <li>• INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO (60h)</li> <li>• INTRODUÇÃO À TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> <li>• MATEMÁTICA DISCRETA (60h)</li> </ul> <p><b>2010.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO (60h)</li> <li>• INTRODUÇÃO À PROGRAMAÇÃO (90h)</li> </ul> <p><b>2010.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CÁLCULO NUMÉRICO (60h)</li> <li>• INTRODUÇÃO À PROGRAMAÇÃO (90h)</li> <li>• INTRODUÇÃO À TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2011.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2011.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PROJETO E ANÁLISE DE ALGORITMOS (60h)</li> </ul> <p><b>2012.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DESAFIOS DE PROGRAMAÇÃO (60h)</li> <li>• MATEMÁTICA DISCRETA II (60h)</li> </ul> <p><b>2012.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MATEMÁTICA DISCRETA II (60h)</li> <li>• PROJETO E ANÁLISE DE ALGORITMOS (60h)</li> </ul> <p><b>2013.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PROJETO E ANÁLISE DE ALGORITMOS (60h)</li> <li>• TÓPICOS AVANÇADOS EM TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2013.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PROJETO E ANÁLISE DE ALGORITMOS (60h)</li> </ul> <p><b>2014.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PRÁTICA DE ENSINO DE ALGORITMOS (60h)</li> </ul> <p><b>2014.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• INTRODUÇÃO À INFORMÁTICA (45h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INTRODUÇÃO À TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2015.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• INTRODUÇÃO À TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2015.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• TEORIA DOS GRAFOS (60h)</li> </ul> <p><b>2016.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• PRÁTICA DE ENSINO DE LÓGICA (60h)</li> </ul> <p><b>2016.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO I – BACH COMPUTAÇÃO (120h)</li> </ul> <p><b>2017.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• PRÁTICA DE ENSINO DE ALGORITMOS (60h)</li> </ul> <p><b>2017.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• TEORIA DOS GRAFOS (60h)</li> </ul> <p><b>2018.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• PRÁTICA DE ENSINO DE ALGORITMOS (60h)</li> </ul> <p><b>2018.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• TEORIA DA COMPUTABILIDADE (60h)</li> <li>• TEORIA DOS GRAFOS (60h)</li> </ul> <p><b>2019.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• ALGORITMOS EM GRAFOS (60h)</li> </ul> <p><b>2019.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MATEMÁTICA DISCRETA I (60h)</li> <li>• TEORIA DOS GRAFOS (60h)</li> </ul> <p><b>2020.1</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LÓGICA PARA COMPUTAÇÃO (60h)</li> <li>• MATEMÁTICA DISCRETA II (60h)</li> </ul> <p><b>2020.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO I – BACH COMPUTAÇÃO (120h)</li> <li>• TEORIA DOS GRAFOS (60h)</li> </ul> <p><b>2020.3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2020.4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> </ul> <p><b>2021.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS EM GRAFOS (60h)</li> </ul> <p><b>2021.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> </ul> <p><b>2021.3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MÉTODOS NUMÉRICOS E COMPUTACIONAIS (60h)</li> </ul> <p><b>2022.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MÉTODOS NUMÉRICOS E COMPUTACIONAIS (60h)</li> </ul> <p><b>2022.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MÉTODOS NUMÉRICOS E COMPUTACIONAIS (60h)</li> </ul> <p><b>2023.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• APLICATIVOS DE INFORMÁTICA PARA GASTRONOMIA (60h)</li> <li>• MÉTODOS NUMÉRICOS E COMPUTACIONAIS (60h)</li> </ul> <p><b>2024.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MÉTODOS NUMÉRICOS E COMPUTACIONAIS (60h)</li> <li>• TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2024.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MÉTODOS NUMÉRICOS E COMPUTACIONAIS (60h)</li> <li>• TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul> <p><b>2025.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS (60h)</li> <li>• MÉTODOS NUMÉRICOS E COMPUTACIONAIS (60h)</li> <li>• TEORIA DA COMPUTAÇÃO (60h)</li> </ul>
--	---	---

## 5.2.2 Pós-graduação

2011.2	• SEMINÁRIOS IV (15h)	• SEMINÁRIOS I (15h)
• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	• TÓPICOS AVANÇADOS EM FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS (60h)	• SEMINÁRIOS II (15h)
2012.2		• SEMINÁRIOS III (15h)
• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	2017.1	• TÓPICOS AVANÇADOS EM FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS (60h)
2013.1	• SEMINÁRIOS I (15h)	
• TÓPICOS AVANÇADOS EM FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS (60h)	• SEMINÁRIOS II (15h)	2021.1
2014.1		• LABORATÓRIO DE REDAÇÃO CIENTÍFICA (60h)
• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	2017.2	• SEMINÁRIOS III (15h)
2014.2	• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	• TRABALHO DE DISSERTAÇÃO – TECNOLOGIA E GESTÃO EM EAD (240h)
• SEMINÁRIOS I (15h)	2018.1	
2015.1	• LABORATÓRIO DE REDAÇÃO CIENTÍFICA (60h)	2021.2
• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	• SEMINÁRIOS IV (15h)	• LABORATÓRIO DE REDAÇÃO CIENTÍFICA (60h)
2015.2	2018.2	2022.2
• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	• SEMINÁRIOS IV (15h)
2016.1	• LABORATÓRIO DE REDAÇÃO CIENTÍFICA (60h)	2024.1
• SEMINÁRIOS I (15h)	• SEMINÁRIOS IV (15h)	• LABORATÓRIO DE REDAÇÃO CIENTÍFICA (60h)
• SEMINÁRIOS III (15h)	2019.1	2024.2
2016.2	• EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (60h)	• LABORATÓRIO DE REDAÇÃO CIENTÍFICA (60h)
• SEMINÁRIOS I (15h)	2020.1	
	• DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS (60h)	

## 5.3 Produção bibliográfica

### 5.3.1 Artigos em Periódicos

1. VILELA, D. N. A.; DE SOUZA, R. *et al.* A formação do perfil profissional da nova geração de estudantes de direito e as possibilidades de ensino híbrido diante do atual cenário regulatório do Brasil. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 16, n. 7, p. e079, 2024. DOI: [10.55905/cuadv16n7-079](https://doi.org/10.55905/cuadv16n7-079).
2. SILVA, B. N. B.; DE SOUZA, R.; SILVA, I. M. M. Em busca de políticas institucionais para Educação a Distância Aberta e Recursos Educacionais Abertos (REA) no ensino superior: um mapeamento. *Educação On-Line (PUC-RJ)*, v. 17, n. 40, p. 81–101, 2022. DOI: [10.36556/eol.v17i40.1246](https://doi.org/10.36556/eol.v17i40.1246).
3. PINTO, R. A. C.; DE SOUZA, R. GeoGebra como andaime: uma experiência na resolução de problemas de Geometria. *REMAT: Revista Eletrônica da Matemática*, v. 7, n. 1, p. e4266, 2021. DOI: [10.35819/remat2021v7i1id4266](https://doi.org/10.35819/remat2021v7i1id4266).
4. VIEIRA SANTOS, M. L. S.; DE SOUZA, R.; ARAÚJO, M. C. S. A gamificação como estratégia de engajamento para a prática da educação ambiental. *Revista Eletrônica*

- do *Mestrado em Educação Ambiental (REMEA)*, v. 35, n. 1, p. 279–295, 2018. DOI: [10.14295/remea.v35i1.7519](https://doi.org/10.14295/remea.v35i1.7519).
5. EULÁLIO, A. D.; DE SOUZA, R. Web Services: integração de sistemas orientados a serviços com uma proposta de aplicação na EAD. *Revista de Informática Aplicada*, v. 12, n. 1, p. 54–63, 2016. DOI: [10.13037/ria.vol12n1.139](https://doi.org/10.13037/ria.vol12n1.139).
  6. SAKAROVITCH, J.; DE SOUZA, R. Lexicographic Decomposition of  $k$ -Valued Transducers. *Theory of Computing Systems*, v. 47, p. 758–785, 2010. DOI: [10.1007/s00224-009-9206-6](https://doi.org/10.1007/s00224-009-9206-6).
  7. DE SOUZA, R.; KOBAYASHI, N. A Combinatorial Study of  $k$ -Valued Rational Relations. *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, v. 13, n. 3/4, p. 207–231, 2008. DOI: [10.25596/jalc-2008-207](https://doi.org/10.25596/jalc-2008-207)

### 5.3.2 Trabalhos em Congressos

1. FERREIRA, L. A.; RODRIGUES, R. L.; SOUZA, R. N. P. Dados Abertos Educacionais Brasileiros: Um Mapeamento Sistemático da Literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 32., 2021. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 1186–1195. DOI: [10.5753/sbie.2021.218158](https://doi.org/10.5753/sbie.2021.218158).
2. DE SOUZA, R. Sobre as funções racionais multi-sequenciais. In: ENCONTRO DE TEORIA DA COMPUTAÇÃO (ETC), 3., 2018, Natal. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. p. 149–152. DOI: [10.5753/etc.2018.3175](https://doi.org/10.5753/etc.2018.3175).
3. DE SOUZA, R. Sobre as relações racionais intrinsecamente ambíguas. In: ENCONTRO DE TEORIA DA COMPUTAÇÃO (ETC), 2., 2017, São Paulo. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2017. p. 120–123. DOI: [10.5753/etc.2017.3207](https://doi.org/10.5753/etc.2017.3207).
4. DE SOUZA, R. A note on bimachines. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON FORMAL METHODS (SBMF), 19., 2016, Natal. *Proceedings of the Escola de Informática Teórica e Métodos Formais (ETMF)*. 2016. p. 83–92. Disponível [neste link](#)
5. DE SOUZA, R.; SOUZA, M. C. L. S.; MOTTA, M.; JUNIOR, L. Uso de autômatos celulares para simulação da dispersão de poluentes em um canal urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA (COBEQ), 21., 2016, Fortaleza. *Anais eletrônicos...* Campinas: Galoá, 2016. Disponível [neste link](#).
6. DE SOUZA, R.; SOUZA, M. C. L. S.; SANTOS, M. L. S. V. Construa seu Mundo: uma ferramenta móvel para apoio à aprendizagem colaborativa de Química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA (COBEQ), 21., 2016, Fortaleza. *Anais eletrônicos...* Campinas: Galoá, 2016. Disponível [neste link](#).
7. DE SOUZA, R.; EULÁLIO, A. D. Construcionismo, fundamentos teóricos da Computação e Educação a Distância: uma tríade a construir. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA (ESUD), 13., 2016, São João del-Rei. *Anais [...]*. 2016. p. 1869–1882. Disponível [neste link](#).

8. EULÁLIO, A. D.; **DE SOUZA, R.**; DINIZ, J. R. Integration of learning management systems with academic management systems using cloud computing. In: EURO AMERICAN CONFERENCE ON TELEMATICS AND INFORMATION SYSTEMS (EATIS), 8., 2016, Cartagena. *Proceedings* [...]. IEEE, 2016. p. 1–7. DOI: [10.1109/EATIS.2016.7520158](https://doi.org/10.1109/EATIS.2016.7520158).
9. **DE SOUZA, R.** Sobre a minimização de transdutores sequenciais. In: ENCONTRO DE TEORIA DA COMPUTAÇÃO (ETC), 1., 2016, Porto Alegre. *Anais* [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. p. 840–843. DOI: [10.5753/etc.2016.9838](https://doi.org/10.5753/etc.2016.9838).
10. LEVAY, P. S.; FALCÃO, T. P.; DINIZ, J. R.; **SOUZA, R.** Uma Experiência de Uso de Jogos Digitais como Ferramentas de Apoio para Aprendizagem de Inglês por Crianças. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE), 21., 2015, Maceió. *Anais* [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2015. p. 207–216. DOI: [10.5753/cbie.wie.2015.207](https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2015.207).
11. EULÁLIO, A. D.; **DE SOUZA, R.** Web Services: integração de sistemas orientados a serviços com uma proposta de aplicação na EAD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA (ESUD), 12., 2015, Salvador. *Anais* [...]. Salvador: UNEAD-UNEB, 2015. p. 846–860. Disponível [neste link](#).
12. LEITE, L.; SIBALDO, M. A.; CARVALHO, T.; **DE SOUZA, R.** Montanha de Chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de Teoria da Computação. In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO (WEI), 22., 2014, Brasília. *Anais* [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2014. p. 110–119. Disponível [neste link](#).
13. **DE SOUZA, R.** Uniformisation of Two-Way Transducers. In: LANGUAGE AND AUTOMATA THEORY AND APPLICATIONS (LATA 2013). *Proceedings* [...]. Berlin: Springer, 2013. v. 7810. p. 547–558. (Lecture Notes in Computer Science). DOI: [10.1007/978-3-642-37064-9\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37064-9_48).
14. **DE SOUZA, R.** On the Decidability of the Equivalence for a Certain Class of Transducers. In: DEVELOPMENTS IN LANGUAGE THEORY (DLT 2009). *Proceedings* [...]. Berlin: Springer, 2009. v. 5583. p. 478–489. (Lecture Notes in Computer Science). DOI: [10.1007/978-3-642-02737-6\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02737-6_39).
15. SAKAROVITCH, J.; **DE SOUZA, R.** On the Decidability of Bounded Valuedness for Transducers. In: MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF COMPUTER SCIENCE (MFCS 2008). *Proceedings* [...]. Berlin: Springer, 2008. v. 5162. p. 588–600. (Lecture Notes in Computer Science). DOI: [10.1007/978-3-540-85238-4\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-540-85238-4_48).
16. **DE SOUZA, R.** On the Decidability of the Equivalence for  $k$ -Valued Transducers. In: DEVELOPMENTS IN LANGUAGE THEORY (DLT 2008). *Proceedings* [...]. Berlin: Springer, 2008. v. 5257. p. 252–263. (Lecture Notes in Computer Science). DOI: [10.1007/978-3-540-85780-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-540-85780-8_20).

17. SAKAROVITCH, J.; DE SOUZA, R. On the decomposition of  $k$ -valued rational relations. In: SYMPOSIUM ON THEORETICAL ASPECTS OF COMPUTER SCIENCE (STACS 2008). *Proceedings* [...]. Schloss Dagstuhl: Leibniz-Zentrum für Informatik, 2008. p. 621–632. DOI: [10.4230/LIPIcs.STACS.2008.1324](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.STACS.2008.1324).
18. DE SOUZA, R. Méthode structurelle pour décider si un transducteur est  $k$ -valué. In: MajecSTIC 2007, Oct 2007, Caen, France. *Schedae* : prépublications de l'université de Caen Basse-Normandie, 2007 (2), 2007. Disponível [neste link](#).

## 5.4 Orientações

### 5.4.1 PIBIC

Declarações de orientação [neste link](#).

1. Antônio Daniel Pavão Coutinho de Alencar. *Teoria dos autômatos dos sufixos*. 2010.
2. Diogo Felipe Felix de Melo. *Sistemas de Lindenmayer: uma investigação da aplicação da teoria das linguagens formais na Botânica*. 2011.
3. Lucas Sampaio Leite. *Ferramentas para ensino de aspectos teóricos da Computação*. 2013.

### 5.4.2 PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

Declaração de orientação [neste link](#).

1. Nielson Avelino de Santana. *Ferramentas computacionais para o ensino de Matemática no segundo grau*. 2010.
2. Marcelo Aguiar Coelho de Moura Silva. *Ferramenta de ensino baseada em redes sociais*. 2011.
3. Rodolfo Luan Franco de Oliveira. *Maratona de programação no ensino médio*. 2011.
4. Danilo José da Silva. *Impacto do uso de jogos didáticos no ensino de noções fundamentais de Ciência da Computação*. 2012.
5. José Carlos de Andrade Júnior. *Redes sociais como ferramenta educacional*. 2012.

### 5.4.3 Orientações de Pós-Graduação

Declaração de orientação [neste link](#).

1. **BIONE, Afonso Augusto Guimarães.** *Solução distribuída de baixo custo para utilização de ambientes virtuais de aprendizagem.* 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.  
[Link para a dissertação](#)
2. **RODRIGUES, Sarah Jackelliny da Silva.** *EnglishGap: aplicativo móvel para o ensino de Língua Inglesa.* 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.  
[Link para a dissertação](#)
3. **LEVAY, Paula Basto.** *Jogos digitais no ensino e aprendizagem de inglês para crianças.* 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.  
[Link para a dissertação](#)
4. **SERCUNDES, Juliana Siqueira.** *Capacitação Colaborativa no Serviço Público: Uma proposta para MOOCS.* 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.  
[Link para a dissertação](#)
5. **EULALIO, Athos Denis.** *Modelo de integração entre Ambientes Virtuais de Aprendizagem e Sistemas de Gestão Acadêmica baseado em Arquitetura Orientada a Serviços e Computação em nuvem.* 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.  
[Link para a dissertação](#)
6. **FREITAS, Robson Almeida Borges de.** *Ambientes Virtuais de Aprendizagem com Biometria Facial.* 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.  
[Link para a dissertação](#)
7. **SANTOS, Maykol Lívio Sampaio Vieira.** *MEIO: uma rede social gamificada para engajamento de ações da educação ambiental.* 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.  
[Link para a dissertação](#)
8. **PINTO, Robert Allyson Cavalcante.** *GeoGebra como andaime: uma experiência na resolução de problemas de Geometria.* 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.  
[Link para a dissertação](#)
9. **LIMA, Tiago James Soares.** *Learning Analytics em instituições particulares do Nordeste do Brasil: uma experiência sobre maturidade.* 2025. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e

Gestão em Educação a Distância) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2025.

[Link para a dissertação](#)

## 5.5 Outras atividades

- **Elaboração de material didático para Educação a Distância (UAB) – Algoritmos e Estruturas de Dados**  
Declaração [neste link](#)
- **Técnico da equipe Manguebit (UFRPE) nas regionais da Maratona de Programação ACM 2010**  
Certificado [neste link](#)

# Referências Bibliográficas

- [1] J. Berstel. *Transductions and context-free languages*, volume 38 of *Teubner Studienbücher : Informatik*. Teubner, 1979. URL <http://www-igm.univ-mlv.fr/%7Eberstel/LivreTransductions/LivreTransductions.html>.
- [2] J. A. Bondy and U. S. R. Murty. *Graph Theory with Applications*. Elsevier, New York, 1976.
- [3] M.-P. Béal and O. Carton. Computing the prefix of an automaton. *Informatique Théorique et Applications*, 34(6):503–514, 2000. URL <https://hal.science/hal-00619217v1>.
- [4] M.-P. Béal, O. Carton, C. Prieur, and J. Sakarovitch. Squaring transducers: an efficient procedure for deciding functionality and sequentiality. *Theoretical Computer Science*, 292(1):45–63, 2003. doi: 10.1016/S0304-3975(01)00214-6. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304397501002146>.
- [5] C. Choffrut. A generalization of Ginsburg and Rose’s characterization of G-S-M mappings. In H. A. Maurer, editor, *Automata, Languages and Programming, 6th Colloquium, Graz, Austria, July 16-20, 1979, Proceedings*, volume 71 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 88–103. Springer, 1979. doi: 10.1007/3-540-09510-1\_8. URL [https://doi.org/10.1007/3-540-09510-1\\_8](https://doi.org/10.1007/3-540-09510-1_8).
- [6] C. Choffrut. Minimizing subsequential transducers: a survey. *Theoretical Computer Science*, 292(1):131–143, 2003. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3975\(01\)00219-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3975(01)00219-5). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304397501002195>. Selected Papers in honor of Jean Berstel.
- [7] K. Culik and J. Karhumäki. The equivalence of finite valued transducers (on HDTOL languages) is decidable. *Theoretical Computer Science*, 47:71–84, 1986. ISSN 0304-3975. doi: [https://doi.org/10.1016/0304-3975\(86\)90134-9](https://doi.org/10.1016/0304-3975(86)90134-9). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304397586901349>.
- [8] R. de Souza. *Propriedades de algumas classes de relações racionais*. Mestrado em Ciência da Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. URL <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/45/45134/tde-20210729-135448/>.
- [9] R. de Souza. On the decidability of the equivalence for  $k$ -valued transducers. In *Developments in Language Theory*, Lecture notes in computer science, pages 252–263.

- Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2008. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-85780-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-540-85780-8_20).
- [10] R. de Souza. On the Decidability of the Equivalence for a Certain Class of Transducers: (Extended Abstract). In V. Diekert and D. Nowotka, editors, *Developments in Language Theory*, volume 5583, pages 478–489. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009. ISBN 9783642027369 9783642027376. doi: 10.1007/978-3-642-02737-6\_39. URL [http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-02737-6\\_39](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-02737-6_39).
- [11] R. De Souza. Sobre a minimização de transdutores sequenciais. In *Anais do I Encontro de Teoria da Computação (ETC 2016)*, pages 840–843, Brasil, 2016. Sociedade Brasileira de Computação - SBC. doi: 10.5753/etc.2016.9838.
- [12] R. de Souza. A note on bimachines. In *Proceedings of the I Escola de Informática Teórica e Métodos Formais (ETMF)*, pages 83–92. Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2016.
- [13] R. de Souza. Sobre a minimização de transdutores sequenciais. In *Anais do I Encontro de Teoria da Computação (ETC 2016)*, pages 840–843. Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2016. doi: 10.5753/etc.2016.9838. URL <https://sol.sbc.org.br/index.php/etc/article/view/9838>.
- [14] R. de Souza. Sobre as relações racionais intrinsecamente ambíguas. In *Anais do II Encontro de Teoria da Computação (ETC 2017)*, pages 120–123. Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2017. doi: 10.5753/etc.2017.3207.
- [15] R. de Souza. Sobre as funções racionais multi-sequenciais. In *Anais do III Encontro de Teoria da Computação (ETC 2018)*, pages 149–152. Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2018. doi: 10.5753/etc.2018.3175.
- [16] R. De Souza. Sobre a decomposição de um transdutor bidirecional finitamente valorado. In *Anais do V Encontro de Teoria da Computação (ETC 2020)*, pages 73–76. Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2020. doi: 10.5753/etc.2020.11093.
- [17] R. de Souza and N. Kobayashi. A combinatorial study of  $k$ -valued rational relations. *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, 13(3–4):207–231, 2008. doi: 10.25596/jalc-2008-207. URL <https://doi.org/10.25596/jalc-2008-207>.
- [18] E. W. Dijkstra. On the cruelty of really teaching computing science. EWD Manuscript EWD1036, The University of Texas at Austin, 1988. URL <https://www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD10xx/EWD1036.html>.
- [19] W. Feijen, A. van Gasteren, D. Gries, and J. Misra, editors. *Beauty is our business: a birthday salute to Edsger W. Dijkstra*. Texts and monographs in computer science. Springer, Germany, 1990. URL <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4612-4476-9>.

- [20] T. V. Griffiths. The unsolvability of the Equivalence Problem for  $\lambda$ -Free nondeterministic generalized machines. *Journal of the ACM*, 15(3):409–413, 1968. doi: 10.1145/321466.321473. URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/321466.321473>.
- [21] E. M. Gurari and O. H. Ibarra. A note on finite-valued and finitely ambiguous transducers. *Mathematical Systems Theory*, 16(1):61–66, 1983. doi: 10.1007/BF01744569. URL <http://link.springer.com/10.1007/BF01744569>.
- [22] J. Hartmanis and R. E. Stearns. On the computational complexity of algorithms. *Transactions of the American Mathematical Society*, 117:285–306, 1965.
- [23] K. Hashiguchi. Algorithms for determining relative star height and star height. *Information and Computation*, 78(2):124–169, 1988. doi: 10.1016/0890-5401(88)90033-8. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0890540188900338>.
- [24] C. A. R. Hoare. *The emperor's old clothes*, pages 75–83. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2007. ISBN 9781450310499. URL <https://doi.org/10.1145/1283920.1283936>.
- [25] J. E. Hopcroft and J. D. Ullman. An approach to a unified theory of automata. In *8th Annual Symposium on Switching and Automata Theory (SWAT 1967)*. IEEE, 1967.
- [26] M. Jordan and M. Vancil. *For the Love of the Game: My Story*. Crown Publishers, 1998. ISBN 978-0609602065.
- [27] S. C. Kleene. Representation of events in nerve nets and finite automata. In C. E. Shannon and J. McCarthy, editors, *Automata Studies*, volume 34 of *Annals of Mathematics Studies*, pages 3–41. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1956. doi: 10.1515/9781400882618-002.
- [28] D. E. Knuth, J. H. Morris, Jr., and V. R. Pratt. Fast pattern matching in strings. *SIAM Journal on Computing*, 6(2):323–350, 1977. doi: 10.1137/0206024. URL <https://doi.org/10.1137/0206024>.
- [29] C. L. Lucchesi, I. Simon, I. Simon, J. Simon, and T. Kowaltowski. *Aspectos Teóricos da Computação*. Projeto Euclides. Instituto de Matemática Pura e Aplicada, CNPq, Rio de Janeiro, 1979. URL <https://www.ime.usp.br/~lucchesi/publications/lks379.pdf>.
- [30] A. Mandel and I. Simon. On finite semigroups of matrices. *Theoretical Computer Science*, 5(2):101–111, Oct. 1977. doi: [https://doi.org/10.1016/0304-3975\(77\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0304-3975(77)90001-9).
- [31] W. McCulloch and W. Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4):115–133, 1943. doi: 10.1007/BF02478259. URL <https://doi.org/10.1007/BF02478259>.

- [32] P. Menezes. *Linguagens Formais e Autômatos: Volume 3 da Série Livros Didáticos Informática UFRGS*. Livros Didáticos Informática UFRGS. Bookman, 2009. ISBN 9788577807994. URL <https://www.inf.ufrgs.br/site/publicacoes/livros-didaticos/livros03/>.
- [33] M. Mohri. Finite-state transducers in language and speech processing. *Comput. Linguistics*, 23(2):269–311, 1997.
- [34] M. Mohri. Minimization algorithms for sequential transducers. *Theoretical Computer Science*, 234(1-2):177–201, 2000.
- [35] A. A. Muchnik and K. Y. Gorbunova. Algorithmic aspects of decomposition and equivalence of finite-valued transducers. *Problems of Information Transmission*, 51(3):267–288, 2015.
- [36] J. A. Oliveira, C. F. Alves, and G. Valença. Fatores envolvidos na estruturação de um escritório de processos em uma organização pública. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 597–604. Sociedade Brasileira de Computação, 2016. doi: 10.5753/sbsi.2016.6011.
- [37] D. Perrin. Finite automata. In J. van Leeuwen, editor, *Handbook of Theoretical Computer Science, Volume B: Formal Models and Semantics*, pages 1–57. Elsevier and MIT Press, 1990.
- [38] J.-E. Pin. *Tropical semirings*, page 50–69. Publications of the Newton Institute. Cambridge University Press, 1998.
- [39] M. O. Rabin and D. Scott. Finite Automata and Their Decision Problems. *IBM Journal of Research and Development*, 3(2):114–125, 1959. doi: 10.1147/rd.32.0114. URL <https://ieeexplore.ieee.org/document/5392601/>.
- [40] J. Sakarovitch. A construction on finite automata that has remained hidden. *Theoretical Computer Science*, 204(1-2):205–231, 1998. doi: 10.1016/S0304-3975(98)00040-1.
- [41] J. Sakarovitch. The rational skimming theorem. In *The Mathematical Foundation of Informatics*, pages 157–172, Hanoi, Vietnam, 2005. WORLD SCIENTIFIC. doi: 10.1142/9789812703118\_0015.
- [42] J. Sakarovitch. *Elements of Automata Theory*. Cambridge University Press, 2009. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139195218>.
- [43] J. Sakarovitch and R. de Souza. Lexicographic decomposition of k-valued transducers. *Theory of Computing Systems*, 47(3):758–785, 2010.
- [44] M. P. Schützenberger. Sur les relations rationnelles. In G. Goos, J. Hartmanis, P. Brinch Hansen, D. Gries, C. Moler, G. Seegmüller, N. Wirth, and H. Brakhage, editors, *Automata Theory and Formal Languages 2nd GI Conference Kaiserslautern, May 20–23, 1975*, volume 33, pages 209–213. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1975. ISBN 9783540074076 9783540379232. doi: 10.1007/3-540-07407-4\_22. URL [http://link.springer.com/10.1007/3-540-07407-4\\_22](http://link.springer.com/10.1007/3-540-07407-4_22).

- [45] M. Schützenberger. Sur les relations rationnelles entre monoides libres. *Theoretical Computer Science*, 3(2):243–259, 1976. doi: 10.1016/0304-3975(76)90026-8. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0304397576900268>.
- [46] J. C. Shepherdson. The reduction of two-way automata to one-way automata. *IBM Journal of Research and Development*, 3(2):198–200, 1959.
- [47] I. Simon. String matching algorithms and automata. In J. van Leeuwen, editor, *Information Processing '92, Volume 1: Algorithms, Software, Architectures*, volume I, pages 75–83, Amsterdam, 1992. North-Holland. doi: 10.1016/B978-0-444-89747-3.50013-1.
- [48] A. M. Turing. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem. *Proc. Lond. Math. Soc. s, 2-42(1)*:230–265, 1937. doi: 10.1112/plms/s2-42.1.230.
- [49] A. Weber. On the valuedness of finite transducers. *Acta Informatica*, 27(8), 1990. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00264285>.
- [50] A. Weber. Decomposing a  $k$ -valued transducer into  $k$  unambiguous ones. In I. Simon, editor, *LATIN '92*, volume 583, pages 503–515. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1992. doi: 10.1007/BFb0023852. URL <http://link.springer.com/10.1007/BFb0023852>.
- [51] A. Weber. Decomposing finite-valued transducers and deciding their equivalence. *SIAM J. Comput.*, 22(1):175–202, 1993. doi: <https://doi.org/10.1137/0222014>.
- [52] A. Weber. Decomposing a  $k$ -valued transducer into  $k$  unambiguous ones. *RAIRO - Theoretical Informatics and Applications*, 30(5):379–413, 1996. doi: 10.1051/ita/1996300503791. URL <http://www.rairo-ita.org/10.1051/ita/1996300503791>.
- [53] H.-C. Yen and D.-D. Yen. Decomposing finite-valued two-way finite transducers. *J. Comput. Syst. Sci.*, 156, 2026.