



Marcelo Kaminski Lenzi

Docente do Departamento de Engenharia
Química da UFPR



SOBRE



O Professor Dr. Marcelo Kaminski Lenzi possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1999), mestrado (2002) e doutorado (2004) em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Durante seu doutorado, realizou um período de intercâmbio no Canadá em 2003.

Atualmente, é professor Titular com dedicação exclusiva (40 horas) no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde leciona desde 2006. Sua paixão pelo ensino e pela pesquisa é evidente, com especial interesse na área de Cálculo Fracionário. O professor foi pioneiro na criação do primeiro laboratório de pesquisa focado exclusivamente em Cálculo Fracionário na Engenharia Química no Brasil, o LESF (Laboratório de Engenharia de Sistemas Fracionários). Ao longo de sua trajetória na UFPR, atuou como Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ) e da graduação.

INFORMAÇÕES DE CONTATO:



lenzi@ufpr.br



Currículo Lattes



Departamento de
Engenharia Química



REALIZAÇÃO:

PEQS - PROJETO DE EXTENSÃO ENGENHARIA QUÍMICA NA
SOCIEDADE



Você foi um bom aluno durante a escola e a faculdade?



Sim, eu era um bom aluno. Na verdade, durante a faculdade, eu fui o primeiro da turma. Por muito pouco eu não consegui o que chamamos de “lâurea acadêmica” – também conhecida como diploma de mérito, é uma honraria concedida por universidades a alunos que se destacam em seu desempenho acadêmico – lá na Universidade Estadual de Maringá. O sistema funcionava assim: você precisava ter uma média maior ou igual a 9 em pelo menos dois terços das disciplinas. Meu IRA (Índice de Rendimento Acadêmico) foi 8,9. A questão foi que, em três disciplinas, eu fiquei com 8,9 por motivos bobos. Nunca vou me esquecer de uma prova de Cálculo Numérico em que esqueci de colocar a unidade na resposta – o professor descontou meio ponto; como eram quatro provas, aquele 0,5 virou 0,1 na média final.

Você tinha alguma matéria favorita?



Sim, eu tinha duas matérias favoritas: Reatores e Controle de Processos. Lá em Maringá, por ser um curso anual, a disciplina de Reatores se chamava Engenharia de Reações Químicas e englobava o que conhecemos como Reatores Homogêneos e Heterogêneos no nosso currículo de Engenharia Química na UFPR. O professor dessa matéria era fantástico! Eu lembro dele com muito carinho, tanto que sempre comento nas aulas: "Eu quero que meus alunos se lembrem de mim da mesma forma que eu me lembro do professor Flávio". Ele era incrível como pessoa, como docente, disponibilizava um ótimo material didático e as avaliações eram muito bem feitas, tudo era de alto nível. Acho que passei nessa disciplina com 9,3.



Sim, eu gosto bastante. Antes de explicar como surgiu o interesse, vocês têm ideia do que é o cálculo fracionário? É algo muito interessante. Vamos começar do básico: na universidade, vocês aprendem as derivadas de ordem 1, 2, 3, 4, 5... mas e se eu disser que existe a derivada de ordem 0,5? Ou a derivada de ordem 1,8? Basicamente, a derivada fracionária, em sua origem, é uma integral. E o mais legal é que a derivada fracionária é muito usada para descrever fenômenos que as ferramentas tradicionais não conseguem explicar.

Pegue, por exemplo, o caso da transferência de massa. Imagine este copo d'água: se eu pingar um corante, o que acontece? Ele vai se espalhar. Para onde? Teoricamente, em qualquer direção e sentido, é um movimento aleatório. Agora, pense diferente: neste mesmo copo, eu coloco um labirinto e então pingo o corante. O que vai acontecer? Ele terá que seguir os caminhos do labirinto. Isso vocês vão aprender em transferência de massa. Existe uma lei, a Lei de Fick, que usamos para explicar esse espalhamento do corante. Só que a Lei de Fick funciona perfeitamente no "copo sem labirinto". No copo com labirinto, funciona até certo ponto, mas conseguimos explicar o fenômeno de forma muito melhor usando a derivada de ordem fracionária. Por quê? É a conexão das coisas. Se eu perguntar a dimensão de um ponto, é zero; de uma reta, é 1; de um plano, é 2; de um cubo, é 3. Agora, vocês já ouviram falar em uma estrutura chamada fractal?

É o que a gente chama de estrutura autossimilar. Se você olha uma figura e começa a dar um zoom, você vê a figura original se repetindo. Então, você olha uma linha toda torta e pensa: a dimensão disso é 1 ou 2? Não é nem 1 nem 2. Pode ser 1,2 ou 1,4. Esse labirinto que eu mencionei, especialmente falando, a gente consegue explicá-lo como um fractal que tem a derivada de ordem fracionária, e assim conseguimos explicar a difusão de forma mais precisa.

Então, é para isso que serve o cálculo fracionário. Derivadas de ordem arbitrária podem ser usadas para explicar processos difusivos, bem como para controle e automação de processos. Essas são as duas vertentes com as quais eu trabalho, tanto no campo teórico quanto no experimental, no desenvolvimento de unidades e módulos didáticos. Inclusive, lá no meu gabinete, tenho um que um aluno de mestrado desenvolveu um módulo para a gente validar algumas leis e teorias. É algo de baixo custo, simples, mas muito bacana e interessante.

Mas a origem de tudo foi meu irmão. Ele é físico, professor na Universidade Estadual de Maringá, e numa dessas conversas de final de semana, quando eu ainda dava aula lá, ele me perguntou: "Cara, por que você não trabalha com cálculo fracionário?". Eu nem sabia o que era! Comprei um livro, comecei a estudar e pronto, o interesse surgiu. A motivação veio dele, meu irmão mais velho.

Você já fez algum intercâmbio?



Sim, passei parte do meu doutorado no Canadá. Meu doutorado foi focado em automação e controle para a produção de polímeros. Para vocês entenderem, se eu perguntar a massa molar da água, vocês diriam 18, certo? Dois do hidrogênio e dezesseis do oxigênio. Mas quando falamos de polímeros, a coisa muda. Temos um mecanismo reacional por trás, uma reação em cadeia com iniciação, propagação e terminação. A consequência disso é que as cadeias poliméricas não têm todas o mesmo tamanho. Então, se você pega um plástico, por exemplo, ele não tem uma massa molar única, para polímeros, falamos em massa molar média e em distribuição de massa molar.

Meu objetivo era justamente fazer o controle e a automação de reatores para produzir plásticos com uma distribuição de massa molar pré-estabelecida. A forma dessa distribuição influencia muito as propriedades finais de uso do polímero: mecânicas, térmicas e assim por diante. Vou dar dois exemplos práticos para vocês. Pensem na impressão a laser: por que o papel sai quente? Basicamente, o toner é um pó, e esse pó é um polímero.

Na produção, precisamos regular tanto o tamanho da partícula do pó quanto a massa molar. Quando o papel passa pela impressora, o laser causa uma eletrização, e então tem um sopro do toner. No entanto, só a interação eletrostática da partícula do polímero com o papel é insuficiente – tanto que, se você sacudir, o pó sai. Para fixar, precisamos fundir esse polímero, e é por isso que a impressão sai quente.

O que acontece se o toner não for de boa qualidade? Se tiver apenas polímero de partícula grande e massa molar alta, você passa o dedo na impressão e ela sai, pois o polímero não fundiu o suficiente para penetrar na fibra do papel. Por outro lado, se você usar só polímero de massa molar pequena, ele derrete demais, virando uma geleia, e a impressão sai borrada. Então, é preciso um balanço entre os dois, uma espécie de otimização.

Outra aplicação bem interessante é na indústria automotiva, nos para-choques de carro. Geralmente, quando a cadeia polimérica é grande, temos resistência mecânica, é um material mais duro; já com uma massa molar pequena, tem-se trabalhabilidade. Se um para-choque fosse feito só de resina de cadeia grande, ele quebraria na primeira pancada. Se fosse só de massa molar pequena, você conseguiria afundá-lo com o dedo. Por isso, é preciso ter uma mistura das duas, a resistência mecânica para suportar a pancada e a trabalhabilidade para que ele volte à forma original.

Essas resinas, ou a massa molar específica, podem ser obtidas de duas formas: por meio de uma blenda, que é uma mistura física, ou na etapa de reação. Quando se faz na etapa de reação, a conformação é bem melhor. Vou dar um exemplo: pense como se fosse ter que misturar agulhas de crochê com alfinetes. Se você colocar cem agulhas de crochê e duzentos alfinetes numa caixa e sacudir, não necessariamente terá um empacotamento “bonitinho” (uniforme). Pode ter cantos com massa molar alta e agulhas de crochê, e outros cantos só com alfinetes, o que não é bom para o desempenho da resina.

Então, ao fazer a reação, em cada partícula você consegue acoplar cadeias grandes e pequenas. É como se, em vez de misturar tudo de uma vez, você fosse montando e empacotando: "Vou colocar duas agulhas de crochê, depois três alfinetes, e assim por diante". Foi com isso que trabalhei, parte no Brasil e parte no exterior.

Quando fui para o Rio de Janeiro, na COPPE/UFRJ, o Programa de Engenharia Química na pós-graduação tinha uma opção: depois de cursar quatro disciplinas obrigatórias, que eram bem puxadas, dependendo do seu desempenho, você podia ir direto para o doutorado. Como eu não tinha vida social naquela época e estudei muito, consegui acesso direto ao doutorado. Assim, em quatro anos e meio, fiz todo o percurso: comecei o mestrado e depois segui para o doutorado. É por isso que eu disse, meu mestrado foi de 2000 a 2002, e de 2002 a 2004 fiz o doutorado. Na verdade, já estava matriculado no doutorado, mas aproveitei um período para desenvolver meu trabalho de mestrado, defendê-lo e obter o título, e, só depois, segui com a tese de doutorado.

Foi nesse período que fiz o intercâmbio. Depois, em 2006, acabei voltando ao Canadá para continuar trabalhando com essa parte de massa molar. Só que, dessa vez, foi em um outro processo de polimerização. O do meu doutorado era à base d'água, e esse segundo foi à base de orgânico volátil, que tem muita aplicação em recobrimentos na indústria automotiva. A base d'água pode apresentar problemas de corrosão e outras complicações. Às vezes, você precisa de uma tinta à base de óleo, digamos assim, para conservar e evitar a corrosão.

Você recomenda que os alunos façam intercâmbio?



Com certeza! Tem que ir, sim, mas é importante pensar bem em qual fase da vida fazer, é uma questão de maturidade de cada um. Por exemplo, eu fiz minha graduação em Maringá e fui fazer um estágio de férias em São Paulo. Imaginem a minha vergonha! Nunca tinha saído sozinho de Maringá, cheguei em São Paulo e nunca tinha andado de metrô na vida: não sabia nem como colocar o bilhete de papel na catraca. Nossa, foi uma aventura! Então, se eu tivesse ido para o exterior naquela fase, claro, eu me viraria, mas eu morava com meus pais, e essa foi minha primeira aventura. Para quem já mora sozinho ou em república enquanto está fazendo a graduação, ir para o exterior é bem mais fácil em questão de maturidade, de se virar.

Eu saí de Maringá e fui parar no Rio de Janeiro. No primeiro e segundo ano, dividi apartamento com meu irmão, porque ele fazia doutorado em Física e eu, Engenharia Química. Depois ele foi embora, e eu fiquei sozinho, não é fácil, sabe? Tem que ter maturidade e, independentemente da sua religião, ter um apego bem interessante e fundamentado com a igreja que você frequenta.

Quais foram os principais desafios que você enfrentou ao longo da vida profissional?



Olha, desafios técnicos, para ser honesto, você sempre dá um jeito de resolver. O principal desafio, na minha opinião, é a relação humana. Se você precisa entender um conceito, beleza: você estuda, pega um livro, conversa com um professor ou busca outras informações. Agora, a relação com colegas, a relação humana, essa é a parte mais difícil. É preciso saber lidar com pessoas que tiveram criações diferentes, personalidades distintas e egos também.



Com certeza! Na minha opinião, para saber se algo é bom ou não, deve passar pela experiência. Eu posso vir aqui e “vender” a docência como a oitava maravilha do mundo, mas, de repente, para vocês, a realidade é outra. Talvez um de vocês tenha um viés mais aplicado, mais prático, e queira ir para a indústria. Outro pode ter um lado mais acadêmico, de pesquisa. Mas eu sempre recomendo experimentar todas essas vivências, principalmente para o aluno de graduação. Isso é importante não só na universidade, mas na vida segue lá fora. Além disso, sempre comento com os alunos sobre as oportunidades que o curso oferece, como Monitoria, PET, EJEO, DAEQ, AIChE, GATMA – entidades do curso de Engenharia Química na UFPR –, outros projetos de extensão e iniciação científica.

A docência, por exemplo, é super interessante e gratificante, no sentido de que você consegue propor muitas coisas em termos de pesquisa. Se você vai para a indústria, ela não necessariamente vai querer pesquisar o que você tem interesse. Obviamente, eles têm a linha de produção, têm seus próprios focos, então talvez você não consiga fazer exatamente o que quer. Na academia, temos essa liberdade de desenvolver pesquisas naquilo que temos mais afinidade, naquilo que gostamos; e, aqui na academia, ainda podemos ter interação com indústrias via projetos de extensão e pesquisa.

A docência vale muito a pena se você tiver essa "veia didática", vamos dizer assim. Ter essa rotina de estudar e dar aula também não é fácil. Primeiro, você tem que dominar o conteúdo. Mas, por outro lado, o interessante é que eu comecei a dar aula em 2005, logo após terminar meu doutorado. Naquela época, eu tinha 27 anos e meus alunos me viam como um "irmão mais velho", porque eles tinham uns 20 ou 21. Hoje, os alunos continuam com 20 anos, mas eu tenho 47.

Esse é o bacana da docência, sabe? Esse contato com a juventude. É muito legal, a gente não "envelhece" no espírito. Vou mostrar uma foto minha e do Marcos L. Corazza – Docente do departamento de Engenharia Química na UFPR – na colação de grau, fomos colegas de graduação. Estávamos bonitos, sem cabelo branco! Olhem o Corazza e olhem eu agora.

Entre ensino, pesquisa e extensão, por qual, ou quais, você tem mais afinidade?



Tenho mais afinidade por ensino e pesquisa. Com a extensão, para ser honesto, ainda estou "debutando". Ministrei alguns cursos como convidado fora daqui, e propus um curso de controle multivariável faz um tempo. Então, ainda estou começando, não conheço muito a fundo. Está nos meus planos escrever um projeto de extensão, bem estruturado, para contribuir com o departamento e com os alunos nessa questão de carga horária. Quero ver se me organizo para submeter esse projeto o quanto antes. Mas, de fato, prefiro ensino e pesquisa. O ensino, obviamente, é para passar o pouco que sei para os alunos e a pesquisa é para tentar aprender um pouco mais, para buscar o desconhecido. Quando você começa um projeto de pesquisa, você não tem ideia dos resultados: às vezes você aponta para um lado, mas o caminho vira para outro, e isso é legal.

O ensino, volto a dizer, é dividir o seu conhecimento com os alunos, e eu acho bem interessante ver o crescimento deles. Já ministrei aulas em quase todas as disciplinas do curso, mas teve uma turma em especial que foi bem interessante. Ministrei Introdução à Engenharia Química (IEQ) – disciplina do primeiro período – para eles, por volta de 2010. Mais tarde, vários desses alunos fizeram Controle de Processos comigo, e alguns deles eu orientei em Projetos de Conclusão de Curso. Ver a evolução da pessoa em termos técnicos é muito bacana: é gratificante saber que eu ensinei, nem que seja o "como não fazer".



Já ministrei IEQ, Integração I, Métodos Matemáticos, Métodos Numéricos, FEN II (Fenômenos de Transferência de Calor), FEN III (Fenômenos de Transferência de Massa), FEN Experimental, Laboratório de Engenharia Química I e II (Labenge), Otimização de Processos, Cinética e Reatores Homogêneos, Cinética e Reatores Heterogêneos, Operações Unitárias I, Controle de Processos e Projeto de Indústrias Químicas II. A lista é longa. De todas essas, a que eu mais gosto e acho desafiadora é Controle de Processos, porque é multidisciplinar. Você precisa saber Engenharia Química, Matemática e ter uma certa noção de Eletrônica para fazer a conexão entre o equipamento e o sistema de controle que precisa obedecer a esse equipamento. E não é porque existe esse sistema de controle que o equipamento vai obedecer; às vezes, a coisa é meio teimosa.

Existem muitas não linearidades nos fenômenos de Engenharia Química, e, controlar algo que é não linear não é tão simples, porque você acha que o processo se encaminhará para um lado e ele acaba em outro. Na semana passada, dei uma aula de Métodos Numéricos falando sobre estabilidade de estados estacionários. Existem estados estacionários que “não são constantes”, eles flutuam, mas a amplitude da flutuação não muda com o tempo. Em Controle, precisamos fazer isso acontecer, no sentido de que não adianta ter uma eletrônica boa se o modelo do processo está errado, porque os parâmetros do controlador dependem do processo.

Vocês são mais novos, mas com certeza algum tio, pai ou avô de vocês tem aqueles rádios antigos, em que você precisa apertar o botão para sintonizar. O Controle de Processos é você saber pegar aquele botão e mexer até o indicador bater na estação que você quer. Porque se você mexer muito rápido, dessintoniza. Se não tem antena, não vai funcionar. O desafio no controle é sintonizar o controlador, mas, para isso, você precisa ter um modelo do processo; para ter o modelo do processo, você precisa ser meio engenheiro químico.

O controle em si não é difícil, a matemática envolvida também não. O problema é que "treino é treino e jogo é jogo". Na tela do simulador funciona bonitinho – Na hora que você vai implementar na prática, quem disse que o negócio funciona? Isso acontece porque muitos fenômenos que você não levou em conta no modelo começam a se manifestar.

E qual você acha que seus alunos preferem?



Desconfio que foi Controle de Processos, pois quando ministrava, eu era homenageado. Não ministro mais e também não sou mais homenageado.

Você citou que gosta de pesquisa. Qual é a maior dificuldade em organizar um projeto de pesquisa?



A dificuldade depende do tipo de projeto. Em linhas gerais, a primeira coisa é ter uma ideia clara do que você quer fazer. Obviamente, na pesquisa, muitas vezes não chegamos exatamente onde nos propomos, pelo menos não de forma direta. Mas é fundamental ter um objetivo inicial, saber qual linha você quer seguir e assim por diante.

A segunda dificuldade é que não fazemos pesquisa para refazer o que já foi feito. Sempre precisamos buscar algo inédito, algo que ninguém fez. Isso consiste em ter acesso a uma boa literatura e ter o conhecimento para entender a fronteira da ciência. Em Controle de Processos, por exemplo, o que existe de mais inovador? Meu orientador no Canadá costumava dizer que precisamos "expandir as fronteiras" um pouco, precisamos ter o discernimento e a maturidade técnica para saber o que já foi feito e o que é necessário fazer para criar algo, sem copiar.

A terceira e a quarta dificuldade estão acopladas: dinheiro e infraestrutura. Você tem que ter um ou outro, e isso depende muito do nível do projeto. Os meus são um pouco mais simples, mais no campo teórico, e os experimentos que faço são de baixo custo. Então, eu tiro do meu próprio bolso mesmo, compro e pronto, sem estresse. Justamente porque o objetivo é desenvolver pequenos módulos de baixo custo que validem as teorias de controle. Na época em que eu trabalhava com polímeros, eu precisava caracterizar o tamanho das cadeias, ter a distribuição de massa molar: para isso, preciso de um equipamento como um cromatógrafo, que é caro de comprar.

O quinto elemento é o tempo. Claro, tem assunto que se deixar, você fica a vida toda pesquisando, mas as coisas precisam ter um fim. Então, o acesso à literatura, sua maturidade, dinheiro, infraestrutura e tempo – esse "pentágono" é super importante para você escrever e ter sucesso em um projeto de pesquisa. O problema é que, às vezes, a concorrência é muito grande. Quando submetemos um projeto de pesquisa, não se olha somente o documento em si. Analisam o perfil do profissional que está propondo a pesquisa, a equipe executora, e o local onde será realizado para saber se há estrutura. Por exemplo, se eu for propor um projeto em polímeros, em algum momento terei que caracterizar esse polímero. Onde farei isso? Ou eu peço dinheiro para comprar o equipamento, ou peço dinheiro para pagar a análise. Os valores desses projetos variam muito: projetos mais simples na faixa de 30 a 40 mil reais; projetos maiores, na ordem de milhões de reais, pois precisamos gerenciar um volume maior de dinheiro.



É desafiador, no sentido de que é uma matemática pesada para entender. Quanto aos recursos computacionais, hoje em dia nem tanto, mas quando eu comecei, os computadores não eram tão velozes quanto hoje. Então, você tinha que ser muito bom em programação para otimizar seu código e não perder muito tempo. Mas o desafio principal para o cálculo fracionário hoje em dia é a questão computacional.

Temos duas vertentes: o cálculo fracionário com solução analítica e o com solução numérica. Se eu tenho uma equação diferencial cuja derivada é de ordem fracionária, posso resolver analiticamente ou numericamente. Analiticamente, é um trabalho mais braçal, com deduções. Mas quando você vai implementar, surge o problema computacional, porque várias das soluções são séries de potência. É preciso saber se essa série é convergente, se é divergente, quantos termos você vai pegar e assim por diante. Na solução numérica, você já tem a resposta ao resolver, mas o problema é que você tem que ver a discretização: se for muito pequena, demora muito para obter a resposta; se for muito grande, você tem uma resposta que não condiz com a realidade. Então, o maior desafio que vejo é a parte computacional para esses estudos teóricos.

Depois, obviamente, o segundo desafio é conseguir validar isso com dados experimentais. Será que a solução dessa equação de fato vai descrever o fenômeno físico que está acontecendo ou não? Muitas vezes, como comentei, posso montar experimentos simples ou buscar parcerias com outros grupos de pesquisa na literatura que já fizeram experimentos e propor um trabalho em conjunto: "Seus dados experimentais, meu modelo, vamos ver se a gente consegue discutir e chegar a um denominador comum". Isso é muito comum de acontecer.

Mas o desafio computacional é o que mais pega. Por exemplo, em 2005, quando comecei, o computador que tínhamos era um dual-core. Se você comparar um dual-core com um i9 de hoje, com SSD para armazenamento e gerenciamento de dados, a capacidade é muito diferente. Outro detalhe que tem nos ajudado muito é usar softwares como o Python, por exemplo, que eu recomendo que vocês aprendam, vale muito a pena, porque agora estamos misturando inteligência artificial e machine learning com cálculo fracionário. Estamos fazendo um mix das duas coisas. E nessa parte, é super interessante usar GPU (Graphics Processing Unit) para fazer o processamento, como os processadores de placa de vídeo da Nvidia e assim por diante. Então, tem esse outro aspecto que hoje em dia, mesmo com computadores não tão caros, conseguimos alguns resultados de forma rápida e interessante. O problema é quando você tem que estudar sistemas um pouco mais complexos: em fluidodinâmica computacional, por exemplo, algumas simulações demoram uma semana para ter o resultado. Você aperta um “ENTER”, espera uma semana, e então vai ter a simulação do escoamento que você quer. E tem que torcer para não ter nada errado, porque só vai descobrir depois, ou para não acabar a luz – você tem que ter um no-break e assim por diante. Mas no meu caso, falando especificamente, a parte computacional é o maior desafio, embora agora, com essa evolução, tem sido mais tranquilo.

Você pode comentar um pouco sobre os projetos de pesquisa que envolvem cálculo fracionário?



Um dos projetos foi simular o processo de difusão em meios heterogêneos. Você pode pensar em um catalisador que tem uma estrutura porosa: como o componente vai se difundir lá dentro? É muito comum usar a difusão dependendo da posição ou um coeficiente de difusão efetivo. Vocês vão aprender isso em Fenômenos de Transferência de Massa ou em Reatores Heterogêneos – acho que nos dois tem.

A difusividade de Knudsen, por exemplo, é um coeficiente de difusão usado para fazer os cálculos. Mas o cálculo fracionário é interessante porque conseguimos, de alguma forma, descrever a geometria do meio por meio dos fractais, explicar a difusão lá dentro. Esse é um estudo de processo difusivo com cálculo fracionário.

Outro estudo é em Controle de Processos. Os controladores mais usados na indústria são os PID (Proporcional, Integral, Derivativo). É uma equação com três termos. O termo proporcional diz que a ação de controle é proporcional ao erro. O erro é a diferença entre o valor medido da variável e o valor desejado, o set point. Por exemplo, imagine um trocador de calor com uma corrente entrando a 20 graus e saindo a 80 graus, e você manipula a vazão de um fluido de aquecimento. Eu meço a temperatura da corrente de saída e vejo quão perto ou quão longe estou dos 80 graus. Quanto maior a distância entre o que estou medindo e os 80 graus, o que vou fazer? Vou abrir mais a válvula do fluido de aquecimento. Conforme a temperatura se aproxima, vou reduzindo a abertura, mas sem fechar totalmente para não danificar o equipamento. O quanto vou abrir essa válvula? A parte proporcional do controlador me diz que você vai abrir um montante proporcional ao erro. A parte integral desse controlador é como se eu estivesse somando os erros desde o início da operação do equipamento. E a parte derivativa do erro considera se o erro está com uma tendência de aumento ou de redução. Então você adiciona esse complemento de ação na abertura e fechamento da válvula.

A parte integral e a parte derivativa, que vocês aprendem na graduação, são de ordem inteira. Mas nas pesquisas, conseguimos colocar isso de ordem fracionária. Existem várias aplicações industriais. Uma muito famosa é para amortecedores de carro: a forma como o carro se contrabalanceia após uma freada, por exemplo. O pessoal usa o controle fracionário para fazer esse tipo de estudo. Minha pesquisa tem sido no sentido de estudar a teoria do controle e a aplicação nesses módulos experimentais que desenvolvo com Arduino, ESP32, Raspberry, e assim por diante. Coisa simples, mas que funciona.

Vimos que você é Coordenador do LESF (Laboratório de Engenharia de Sistemas Fracionários), o que faz este laboratório?



É um espaço que eu tenho na usina piloto, que eu coordeno. Agora não tem mais os computadores porque ficaram obsoletos, então já mandamos para o patrimônio dar baixa. Mas é um espaço com mesas, cadeiras e até uma cafeteira, onde o aluno traz seu computador e tem acesso à internet, à rede da UFPR, consegue pesquisar artigos, fazer seu trabalho de simulação e assim por diante. É um lugar para meus alunos de mestrado e doutorado trabalharem.

Tem planos de expandi-lo?



Até tenho, mas não no sentido de expandir a parte de simulação, porque o que já temos está bom. Minha intenção é, em algum futuro – não sei quando –, expandir para a parte experimental. Um canto para fazermos experimentos e poder validar as teorias do cálculo fracionário, e assim por diante. Isso existe como plano, mas também não é algo para o ano que vem, é um projeto de longo prazo.

Você participou da Fundação COPPETEC (Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos), o que você desenvolveu lá?



Logo que eu acabei o doutorado, trabalhei em um projeto de pesquisa que era vinculado à fundação – eles me pagavam bolsa. Era na área de polímeros, especificamente no estudo de distribuição de massa molar de resinas poliméricas. Isso aconteceu no final de 2004, comecei e fui até janeiro de 2005, fiquei uns três meses lá. Então eu pensei: "Não, isso não é para mim". Falei: "Vou estudar para concurso e dar aula". Acho que é o que dá mais futuro.

Você já organizou projetos de extensão antes, pode explicar o que foram?



Eu participei, mas não cheguei a coordenar nenhum projeto. Atuei em alguns com diferentes empresas. Um deles foi com o professor Alexandre Ferreira Santos – docente do departamento de Engenharia Química da UFPR (conhecido por Xandão aqui no curso) – que era o coordenador da equipe executora. Esse projeto de extensão tinha como foco a avaliação das condições de processo e foi realizado com a Mondelez. Outro projeto em que estive envolvido foi com o professor Luiz Fernando como coordenador, com o objetivo de avaliar a instrumentação e as sintonias dos controladores utilizados pela empresa – nesse caso, a Petrobras.

Atualmente, estou participando de um terceiro projeto, agora sob coordenação do professor Corazza. Nesse, estou contribuindo mais diretamente com a parte de modelagem do processo da empresa, que é a ExxonMobil. Além desses projetos, também já orientei alunos de mestrado que atuavam em empresas como a Petrobras, a Klabin, entre outras. Mas essas orientações eram algo mais direto: o aluno chegava e dizia ‘eu trabalho em tal lugar, quero fazer o mestrado, temos esse problema na empresa’, e eu ajudava a desenvolver o trabalho em cima disso. Só para destacar, eu não recebi nada por essas orientações.

Qual foi, em sua visão, a maior contribuição que você deu para sua área de atuação?



A contribuição técnica e a questão da inserção de pesquisas em cálculo fracionário na Engenharia Química no Brasil. Porque o LESF, meu laboratório, foi o primeiro laboratório exclusivo de cálculo fracionário na Engenharia Química. Existia cálculo fracionário antes, mas nos cursos de Física e Matemática. Então, tem esse pioneirismo. Nos cursos de pós-graduação em Engenharia Química no Brasil, a única disciplina de cálculo fracionário está aqui. Porque quando eu ministro, essa disciplina tem um viés mais aplicado, de resolver problemas.

Você trabalhou como coordenador do PPGEQ (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) e do LESF. Quais foram os principais desafios?



Coordenar o LESF foi tranquilo. Já na coordenação do PPGEQ, eu tive uma sorte enorme de contar com a Cíntia, secretária que foi meu braço direito e esquerdo. Fui coordenador por duas vezes: de novembro de 2010 a novembro de 2012 e de setembro de 2013 a setembro de 2015. O programa começou em 2006, então, enxergo esses meus dois anos como uma pavimentação para depois conseguir a abertura do doutorado, que foi o que aconteceu na sequência, em 2018. O doutorado foi aprovado em 2018 e a primeira turma começou em 2019. Para vocês terem uma ideia, o curso de graduação começou em 1954, ou seja, tem uns 70 anos. Meu trabalho no PPGEQ, junto com a Cíntia, foi organizar tudo para que as coordenações futuras já pegassem a casa arrumada e pudessem abrir o doutorado.

A coordenação da graduação (dezembro de 2019 até dezembro de 2021) foi desafiadora por causa da pandemia, mas tive a sorte de ter o Vitor Renan da Silva – docente do departamento de Engenharia Química na UFPR – como meu vice-coordenador, e trabalhamos demais. Era tudo novo: aulas remotas, organização; não tinha vaga para todos nas disciplinas. Tivemos que estudar a resolução para saber orientar o aluno direito, o que podia, o que não podia, conversar com os outros departamentos para abrir vaga em disciplina, mesmo sendo remoto. Quando começou o retorno gradual em 2021, com as aulas presenciais, não dava para ter o mesmo número de vagas de antes. Quem teria prioridade de vaga? A pessoa que estava matriculada quando suspenderam o calendário, ou a pessoa que foi avançando no curso e chegou lá? Como sair desse impasse? São decisões que temos que tomar, claro que não dá para agradar a todo mundo, foi muito desafiador nesse sentido.

Por outro lado, foi uma gestão muito bacana pelo contato que tivemos com os alunos. Por mais que estivesse tudo fechado por causa da pandemia, eu conversava com os alunos via Teams. Às vezes, para não perder vaga, às nove horas da noite, eu ligava para o aluno via Teams e falava: "Tem uma vaga aí, você quer ou não quer?". E o aluno: "Eu quero!". Fazíamos reunião direta com os alunos. Teve uma que foi histórica: começamos às sete da noite, e a reunião acabou às onze e meia. Fizemos ajuste de matrícula online, ao vivo e em cores, para os alunos saberem como funcionava. Depois, não sei se vocês conhecem o Gabriel Kulka – discente do curso de graduação em Engenharia Química na UFPR –, ele era presidente do DAEQ (Diretório Acadêmico de Engenharia Química) na época. Procurem o Kulka, ele vai contar para vocês como foi a pandemia e a coordenação.

Você foi homenageado várias vezes. Qual é a sensação?



É bom demais, muito emocionante. Porque, de alguma forma, significa que aquela pessoa confia no seu trabalho ou, pelo menos, em você como pessoa – como ser um exemplo para o aluno. Óbvio que para cada turma é uma emoção, um legado diferente. Eu entrei aqui em 2006 e a primeira vez que fui homenageado foi pela turma de 2008/1, em agosto de 2008; a última foi em 2023/2. Em 2024, o pessoal não me escolheu. Mas ser inspiração para os outros é muito legal, sabe? Porque te motiva a continuar sempre buscando o melhor, a não se acomodar. E mais importante do que se manter em termos de conhecimento, é o lado pessoal, no sentido de não deixar subir à cabeça e sim manter a humildade, conversar, cumprimentar os alunos e os funcionários. Foram, até hoje, 23 homenagens; são todas aquelas placas que deixo em cima do meu balcão.



Primeiro, estude inglês; se já sabe, estude um segundo idioma – fica por conta de cada um, mas eu recomendaria alemão, que é um pouco mais difícil, ou chinês. Além do idioma, outra coisa que eu recomendaria muito é sentar e estudar. Reserve um tempo no dia, nem que seja uma hora, todos os dias. Chegue em casa, pegue os cadernos, anotações, tudo que o professor passou em sala, revise, faça exercícios. Porque, como você viu naquele dia, o assunto está fresco. Terceiro, preste atenção nas aulas. Guarde o celular, tente absorver o máximo que conseguir ali e tirar dúvidas em sala de aula.

Depois, recomendo – não no calor da chegada, mas quando chegar lá no terceiro semestre – começar a procurar algo que complemente a carreira dele. Sempre falo para os alunos que a carreira de vocês não vai começar quando vocês se formarem. A carreira de vocês começou no primeiro dia em que pisaram aqui. Então, o que você já fez por você nesse tempo de curso? Pergunto honestamente: como está seu inglês? Você participa de algum projeto de extensão, iniciação científica, entidade acadêmica ou empresa júnior?

Na minha opinião, o primeiro ano é para investir em você, para que, do terceiro semestre em diante, você tenha competitividade para correr atrás do que quer – não no sentido ruim da palavra, mas no sentido bom de você ser uma pessoa que, ao entrar em um processo seletivo, vai conseguir a vaga. No primeiro ano, por exemplo, vou estudar inglês ou o segundo idioma, tentar aprender cálculo, física, porque é a base daquilo que você precisará lá na frente: “Mas eu nunca vou usar uma derivada na indústria”. Beleza, mas a forma de estruturar o seu pensamento, de organizar o seu raciocínio, começa lá. Integral você não vai ter, mas vai ter que resolver problemas. Como você resolve um problema? Precisa pensar, estruturar o seu método de solução, enxergar alternativas e assim por diante.

Informática também. Quando me formei, no final de 1999, eu tinha colegas de turma que não sabiam usar um computador – mas isso foi há 25 anos. Hoje em dia, é inconcebível um aluno de Engenharia que não saiba usar o Excel, ou alguma linguagem como Scilab, Matlab e Python. Então, nesse primeiro ano, é fundamental estudar essa parte de informática. Outra coisa é começar a se inserir nesse contexto de aprendizado de máquina mais amplo, dentro do qual está a inteligência artificial. Isso é super importante: do segundo ano em diante, você já deve começar a se inserir. Mas não adianta nada querer estudar Machine Learning se você não sabe programar, por exemplo.

Quando eu entrei na UEM, o curso era anual. Eu estudei muito no primeiro ano, mas muito mesmo, tanto que meu IRA foi 9,6 nele. Já no primeiro ano, eu sabia inglês, estudei alemão e fui fazer curso de informática, aprendi o Windows 3.11. No segundo semestre, teve um curso de um ano que eu fiz, e, então, teve a transição para o Windows 95: foi um choque, agora tinha janelinha e botãozinho. Estudei tudo isso porque no final do primeiro ano lá em Maringá teve a seleção do PET: fui PETiano lá, de 1996 até 1999. Eu me dei bem no processo seletivo, quis ser PETiano, foi uma experiência muito legal na minha graduação.

E para um veterano, qual seria o conselho?



Para um veterano, supondo que ele está no quarto ano, começando o sétimo período, as perguntas que eu faria são: o que fez por você nesses anos? Como está seu inglês? Como está seu segundo idioma? Fez estágio? Fez iniciação científica? Participou de alguma entidade ou empresa júnior? Não é só para cumprir horas acadêmicas ou extracurriculares que você precisa fazer isso; é por você mesmo. Vou fazer uma pergunta que eu faço sempre aos meus alunos: qual o último livro que você leu? Porque isto é interessante: você vai participar de uma entrevista de estágio, por exemplo, e a pessoa não vai só perguntar o número de Reynolds para tal escoamento; claro que, sem a parte técnica, não chega nem no processo seletivo.

O problema é que, seja no estágio ou em qualquer outra situação, você terá que resolver problemas e lidar com pessoas. Será que você tem inteligência emocional para resolver um conflito ou para participar ativamente?

Então, para os alunos do oitavo período em diante, além de parar e ter esse momento para respirar e ver o que já foi feito, é importante investir em questões de relacionamento humano mesmo. Eu recomendo a leitura do livro “Inteligência Emocional”, do Daniel Goleman – ajuda nessa questão das relações, para saber conversar, repreender e elogiar. Muitas vezes, as empresas buscam não só a parte técnica, mas também o que você tem a oferecer para além disso.

Como consideração final, existe mais algum tema que gostaria de comentar?



Tenha hábitos de estudo, isso é fundamental – resolva exercícios, pegue livros na biblioteca para ler, ou, eventualmente, algum livro em PDF que você encontre. Por mais que exista Google, ChatGPT, Gemini, e todas as inteligências artificiais, o tempo de sentar na cadeira e estudar é seu. É dessa forma que conseguimos absorver e aprender os conceitos básicos das coisas: uma vez que aprendeu o fundamento, poderá usar ferramentas como essas para dar aquele passo a mais.

O outro conselho é uma pergunta que já fiz durante a entrevista: o que fez por você? Suponha que já é um profissional com cinco anos de formação, e, ao participar de uma entrevista, surja o seguinte questionamento: "Por que você merece ser contratado? O que tem de diferente ou especial em relação aos outros dez mil que também almejam a vaga? Você precisa saber justificar, seja por meio do conhecimento técnico, pela forma de resolver problemas, pela maneira que trabalha em grupo ou como gerencia uma equipe. Isso não vale apenas para a indústria, como também para dentro da própria academia: você resolve fazer mestrado, professores oferecem só uma vaga e existem outros quatro ou cinco alunos querendo também. Em suma, construam hábitos de estudo, aprendam idiomas e desenvolvam habilidades sociais.

ENTREVISTA CONCEDIDA NO DIA 19/05/2025

ENTREVISTADORES:

Heitor Trombeli Buscariol - Discente de Graduação em Engenharia Química na UFPR;

Melissa Wunderlich Levandovski - Discente de Graduação em Engenharia Química na UFPR;

Pedro Ogata Scapinelli - Discente de Graduação em Engenharia Química na UFPR;

REDAÇÃO E DIAGRAMAÇÃO:

Ian Pablo Rech - Discente de Graduação em Engenharia Química na UFPR;

REVISÃO DO TEXTO:

Giordano de Mari de Vargas - Discente de Graduação em Engenharia Química na UFPR;

Juliana Bomfim Ribas - Discente de Graduação em Engenharia Química na UFPR;

Melissa Wunderlich Levandovski - Discente de Graduação em Engenharia Química na UFPR;