PROGRAMA

CIENTISTA CHEFE

A experiência da inovação pública para o desenvolvimento do Estado do Ceará

Editores:
Tarcísio Pequeno
Jorge Soares

FUNCAP

PROGRAMA CIENTISTA CHEFE

EDITORA Imprensa Universitária da UFC

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Imprensa Universitária - Universidade Federal do Ceará

Programa Cientista Chefe: a experiência da inovação pública para o desenvolvimento do Estado do Ceará / Organização de Editores Tarcisio Pequeno e Jorge Soares - Fortaleza: Imprensa Universitária, 2023.
281 p. : il.

ISBN: 978-85-7485-457-1

1. Inovação tecnológica 2. Inovação pública- Ceará I. Pequeno, Tarcisio II. Soares, Jorge III. Título

CDD: 650

Bibliotecária: Perpétua Socorro Tavares Guimarães - CRB 3 801-98

Sumário

Créditos 04
Agradecimentos 06
Prefácio 07
Apresentação 09
Introdução 11
Artigos dos Cientistas Chefe
- Segurança Pública 19
- Recursos Hídricos 29
- Ciência de Dados 41
- Pesca e Aquicultura 59
- Educação 69
- Saúde 82
- Energia 94
- Pesca Artesanal e a Aquicultura Familiar 103
- Infraestrutura 114
- Ciência e Tecnologia 130
- Proteção Social 144
- Inovação 152
- Meio Ambiente 160
- Transformação Digital 170
- Justiça 179
- Economia 192
- Agricultura 200
- Tribunal de Contas do Ceará 212
- Cultura 220
- Prefeitura Finanças e Tributos 230
- Prefeitura Planejamento Urbano 243

Conclusões 262
Anexos 274

Programa Cientista Chefe

A experiência da inovação pública para o desenvolvimento do Estado do Ceará

Editores:
Tarcisio Haroldo Cavalcante Pequeno
Jorge Barbosa Soares

Equipe de Organização do Livro:
Jorge Barbosa Soares – Coordenador
Robson Silva Soe Rocha
Raphael de Jesus Campos de Andrade
Abraão Freires Saraiva Júnior
André Luiz Castro de Sousa
Eugênia Vale de Paula
Denise Sá Maia Casselli

Equipe Técnica de Editoração:
Adriele Santos de Sousa
Ana Chrystina Lima Brito
Jacilane de Holanda Rabelo
Leandro Ferreira de Paiva
Sulamita Carneiro Melo
Thiago Balduino Caldeira

Normalização:
Emily Dos Santos Correia
Perpétua Socorro T. Guimarães

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador (2023)
Elmano de Freitas da Costa

Governadora (2022)
Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Governador (2015-2022)
Camilo Sobreira de Santana

SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO SUPERIOR DO CEARÁ

Secretária (2023)
Sandra Maria Nunes Monteiro

Secretário (2022)
Carlos Décimo de Souza

Secretário (2015-2022)
Inácio Francisco de Assis Nunes Arruda

FUNDAÇÃO CEARENSE DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – FUNCAP

Presidência (2023)
Raimundo Nogueira da Costa Filho

Presidência (2016-2022)
Tarcisio Haroldo Cavalcante Pequeno

Diretoria Científica
Luiz Drude de Lacerda (2015-2022)
Thereza Maria Magalhães Moreira (2023)

Diretoria de Inovação
Jorge Barbosa Soares

Diretoria Administrativo-financeira
Paula Lenz Costa Lima

Assessoria da Presidência
Denise Sá Maia Casselli

Assessoria de Desenvolvimento Institucional
Ana Carolina Albuquerque Freitas da Rocha

Procuradoria Jurídica
Marília Rêgo Gonçalves Matos

Gerência de Fomento de Bolsas
Samya Oliveira Araújo

Gerência de Fomento de Auxílio
Ana Lúcia Ferreira Pontes

Gerência de Programas de Transferência de Tecnologia
Vivian Nadja Ferreira Nobre

Gerência de Análise e Avaliação de Estudos
Eduardo Barbosa Araújo

Gerência de Programas de Inovação
Luiz Daniel Albuquerque Dias

Gerência de Prospecção de Inovação
João Felipe de Moura Barros

Gerência Administrativa
João Victor Barroso Nunes

Gerência Financeira
Francisca Edilciana Rodrigues

Gerência de Prestação de Contas
Liliane Mendonça Prado

Gerência de TIC
Lucas de Souza Lima

Agradecimentos

Há sabedoria no ensinamento de que se deve lembrar do passado com gratidão, alegrar-se com o presente e encarar o futuro sem medo. Pois cá estamos em uma página que representa muito sobre a gratidão com o passado no que toca a um trabalho que orgulha sobremaneira a Funcap.

Este livro é o coroamento emblemático, sem todavia a pretensão de apresentar o todo em sua complexidade, de um programa de inovação pública de Estado com entregas concretas e com potencial de impactar muito mais, tanto o Ceará como outros estados e mesmo outros países. Materializa, contudo, algo chave para o sucesso do programa até aqui; trata-se de um trabalho em rede. A ciência não é uma atividade individual, assim como não o é a inovação. Compilar contribuições da ciência e da inovação, e uni-las de modo a formarem um tecido apreciável, também é uma atividade que requer uma rede. A rede do Ceará já foi testada no limite em sua capacidade de casar saber e ação, incluindo momentos agudos como a pandemia. Pois que o nosso reconhecimento e o nosso agradecimento à rede de Ciência e Inovação do nosso estado fiquem muito bem registrados.

De forma específica, os editores agradecem aos autores dos diversos artigos e suas equipes. Fazem um agradecimento especial aqueles que possibilitaram o início do Programa Cientista Chefe: o então Governador Camilo Santana e hoje Ministro da Educação do país, o então Secretário da Casa Civil do Estado e hoje Vice-prefeito de Fortaleza, Élcio Batista, o Dr. Edilberto Carlos Pontes Lima, então Presidente do Tribunal de Contas do Estado do Ceará e hoje à frente do Instituto Rui Barbosa, e o então Secretário de Ciência, Tecnologia e Educação Superior do Ceará e hoje Secretário de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Social do MCTI, Inácio Arruda. Agradecem ainda aos novos gestores que demonstraram sua aprovação e compromisso com o programa, certos que o manterão com a seriedade e o rigor que o caracterizaram na sua primeira fase. E fazem isso em nome do Governador do Estado do Ceará, Elmano de Freitas, e do Presidente da Funcap, Raimundo da Costa Filho.

Não poderia faltar o reconhecimento público por parte dos editores de todo o quadro de funcionários da Funcap, sem o qual o Programa Cientista Chefe e a própria organização deste livro não seriam possíveis. Em nome de dois dos Diretores à época, professores Luiz Drude e Paula Lenz, agradecemos todos da Funcap, uma agência que consideramos como absolutamente essencial para o desenvolvimento do estado do Ceará. Por fim, o nosso muito obrigado aos que colaboraram com as inúmeras atividades da organização e editoração do livro, em especial, Robson Rocha, Raphael de Andrade, Abraão Saraiva Júnior, André Luiz de Sousa, Eugênia de Paula, Sulamita Melo e Denise Casselli.

Estamos gratos, estamos alegres e, por meio da Ciência e de pessoas comprometidas, confiamos que teremos sempre a melhor arma para encarar o futuro. Muito obrigado.

Jorge Soares e Tarcisio Pequeno

Prefácio

Em boa hora a FUNCAP publica o Livro "Programa Cientista Chefe: A experiência da inovação pública para o desenvolvimento do Estado do Ceará", neste momento em que algumas fundações de amparo à ciência atravessam fase de indefinições por conta das mudanças nos governos estaduais. Infelizmente, alguns dos novos governantes não entendem a importância do setor de ciência, tecnologia e inovação (CTI) para enfrentar os desafios de seus estados e não apoiam as fundações de amparo à ciência como deveriam.

Esta dificuldade não ocorre somente no âmbito estadual. Como bem sabemos, os órgãos federais de fomento à CTI passaram os últimos anos numa crise sem precedentes por conta da visão negacionista da ciência dos últimos dois governos federais. Foram governos incapazes de perceber que Brasil tem potencial de desenvolvimento sustentável que pouquíssimas nações reúnem: um território muito vasto com ótimo clima, riquíssimo em água, sem desertos, terremotos ou vulcões, e a maior biodiversidade conhecida no planeta. Mas o aproveitamento destas condições privilegiadas requer investimentos continuados em CTI e em educação, sem abalos nas mudanças de governos.

Felizmente, o novo governo federal valoriza CTI e educação, como já demonstrou em meio ano de gestão. E como demonstrou nos dois primeiros mandatos do Presidente Lula em 2003-2010, quando o País teve uma Política e um Plano de Ação em CTI que levaram a um crescimento sem precedentes nos investimentos federais no setor com rebatimentos na economia e na redução das desigualdades sociais.

Felizmente, também, a FUNCAP tem sido prestigiada e recebido apoio dos últimos governos do Ceará, o que explica cristalinamente a evolução do setor de CTI do Estado. Além de apoiar a pesquisa nas universidades e em diversas instituições, ela criou programas altamente inovadores. Um deles é exatamente o Programa Cientista Chefe, destinado a aproximar a academia do governo e proporcionar um mecanismo concreto para que pesquisadores acadêmicos empreguem sua experiência para resolver problemas concretos da sociedade.

O Programa foi implantado de forma gradual, na medida em que a FUNCAP identificava lideranças científicas que poderiam contribuir na gestão de áreas específicas no setor público. Atualmente 21 Cientistas Chefe participam do Programa, e neste livro eles descrevem suas experiências e os principais resultados obtidos com seus colaboradores nos órgãos públicos envolvidos. O desafio deles aqui é comunicar suas ideias para um público amplo, sem detalhar a sofisticação de seus projetos. Naturalmente, isto resulta numa certa heterogeneidade entre capítulos no que diz respeito ao conteúdo e forma, fruto das características das distintas áreas do conhecimento e dos perfis dos autores. Porém, esta diversidade torna o livro

mais rico e mais interessante, o que no fundo é a essência do próprio Programa.

Ao cumprimentar a FUNCAP pela criação do Programa Cientista Chefe e pela iniciativa de publicar este livro, desejo que ele sirva para inspirar outras fundações estaduais de fomento à CTI a implantarem programas semelhantes, cada um adequado as condições locais.

Recife, 9 de julho de 2023

Sergio Machado Rezende
Professor Titular de Física da Universidade Federal de Pernambuco, foi o primeiro Diretor Científico da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco, de 1990 a 1993, e Ministro da Ciência e Tecnologia de 2005 a 2010, nos Governos do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva.

Apresentação

A razão da existência de um livro é ser lido. Com isso em mente foi que nos debruçamos sobre a tarefa de editar a publicação sobre uma Política Pública, no caso do objeto deste livro, um Programa original de inovação no qual a Funcap trabalhou desde a concepção, passando pela necessária transposição entre saber e fazer. Como em qualquer empreitada narrativa, sempre haverá mais coisas não ditas que ditas. A opção do recorte foi explicar o que é o Programa Cientista Chefe por meio daqueles que produziram seus resultados, ou seja, a equipe de cientistas e seus colaboradores dos órgãos públicos envolvidos. O desafio dos cientistas foi o de comunicar suas ideias para um público amplo, sem dirimir a sofisticação de seus projetos.

Esperamos que os relatos de 21 Cientistas Chefe integrantes do programa nos últimos 5 anos sirva de inspiração para outras agências de fomento, em outros estados e em outros países. No desenrolar do programa, a Funcap interagiu com várias lideranças da ciência, da inovação e da gestão, nos setores público e privado, e muitas contribuições ajudaram a repensar criticamente e a fazer ajustes que acabaram por impactar todo o Programa. Atravessamos uma pandemia que foi combatida no Ceará por uma gestão pública estreitamente alinhada à ciência no nosso estado. Graças à agilidade da nova engenharia institucional criada, foi possível convocar as forças locais de CT&I a se unirem e somarem seus melhores esforços no enfrentamento da pandemia, por meio de projetos específicos. São fios de extrema importância do complexo tecido que é este Programa.

Mas o que é mesmo o Programa Cientista Chefe e como ele surgiu? Tornar a contribuição da pesquisa científica mais perceptível e próxima da sociedade foi o que motivou a Funcap a buscar no Estado do Ceará um novo modelo para o fomento da pesquisa. Inspirado em aspectos da inovação empresarial, como graus de liberdade na escolha da equipe, concretude dos objetivos, flexibilidade para ajustes, busca contínua para aprimorar os processos e por uma validação sistemática dos produtos, o Programa Cientista Chefe não se constituiu como resultado de um planejamento estratégico da agência. Emergiu e ganhou força à medida em que foi construído como um experimento, acompanhado com o rigor científico que caracteriza a Funcap.

Considera-se a data de início do Programa Cientista Chefe o mês de fevereiro de 2018, embora a terminologia tenha surgido depois. Merecem ser destacadas algumas circunstâncias: uma demanda, bem qualificada, de uma secretaria de governo relevante, a Secretaria de Segurança Pública do Estado do Ceará; um secretário entusiasta capaz de instigar sua equipe técnica a explorar soluções para os mais urgentes problemas do setor e do órgão; competência instalada no estado, sobretudo nas universidades, para desenvolver ideias e projetos capazes de apontar caminhos, e criar tecnologias aplicáveis, sendo elas preferencialmente produtos tecnológicos customizados para a segurança pública; disponibilidade para cooperação; e, por fim,o que é absolutamente essencial, havia sensibilidade do Governo do

Estado garantindo os recursos necessários para estruturar um aparato institucional capaz de acelerar a construção de soluções dos problemas.

Este contexto local aliado à experiência de fomento facilitou o desenvolvimento de projetos piloto, que ocorriam simultaneamente no órgão do governo e na universidade, sem que os pesquisadores saíssem do ambiente acadêmico e ainda fossem remunerados pelas atividades junto ao projeto. Havia uma condição básica: produzir resultados de curto prazo que demonstrassem que a nova arquitetura era possível, eficiente e eficaz.

Com as primeiras entregas realizadas com sucesso, seguiram-se mais quatro órgãos do governo ansiosos por resultados tangíveis. Poucos órgãos de grande relevância, e com razoável chance de sucesso, aumentariam a possibilidade de angariar um forte apoio no Governo do Estado. Foi necessário um redesenho da Funcap, que fortaleceu seu setor de Inovação Pública para o acompanhamento da ação, por conta da quantidade de bolsistas que passou a envolver e da necessidade de um monitoramento mais sofisticado no que diz respeito às entregas que pudessem ser de fato valoradas e implementas pelos respectivos órgãos interessados. À medida que aportavam resultados, com correspondente satisfação dos órgãos participantes, o Programa ganhou legitimidade e evidente reputação, passando a ser postulado por diferentes secretarias e outros agentes do governo. O sucesso levou à elaboração da Lei nº 17.378 em 2021, dando segurança jurídica para a inovação no setor público no Estado do Ceará. Isto possibilitou à Funcap ampliar o seu papel no ecossistema de CT&I do estado, estendendo-o de uma Fundação de Amparo à Pesquisa (FAP) para o de uma Fundação de promoção ao Desenvolvimento Socioeconômico do estado por meio da Ciência e da Inovação. Neste novo papel, ela reorientou as relações da pesquisa científica com os órgãos da administração pública e abriu um leque de novas oportunidades para a melhoria de produtos e serviços que o governo oferece à população.

Mais de cinco anos se passaram e o programa hoje está bem consolidado. Já existem tentativas de implantação de programas semelhantes no país e até no exterior, mais especificamente no Chile, onde a Funcap foi convidada para expor esse exitoso programa. Ainda há bastante espaço para demonstrarmos o retorno científico e financeiro de um programa como o Cientista Chefe, além da constatação inequívoca de que as inovações produzidas ajudam a resolver os problemas enfrentados. Tal demonstração vem sendo perseguida por meio de ferramentas desenvolvidas na Funcap que emergiram a partir do experimentalismo com formas originais de inovação pública. São ferramentas que permitem uma maior transparência e uma maior eficiência nos processos de tomada de decisão na esfera pública, em diversas frentes e face a diversos desafios reais da sociedade cearense.

Fortaleza, 17 de julho de 2023

Raimundo Nogueira da Costa Filho
Presidente da Funcap

Programa Cientista Chefe

Tarcisio Pequeno,
Presidente da Funcap até 2022
Jorge Soares,
Diretor de Inovação da Funcap

"Há um tempo para cada coisa
debaixo do sol, tempo de plantar,
de colher, de nascer,
de viver e de morrer."
Eclesiastes 3,v.1

Esse volume relata uma experiência que consiste na busca e implantação de uma solução efetiva de problema que ocorre, de forma quase generalizada, na relação entre a ciência, realizada no âmbito e com os recursos da sociedade, e os benefícios que se espera que ela venha a retribuir à sociedade, de forma que seja a esta perceptível, senão a toda, pelo menos a parcela significativa. Não basta à ciência ser útil e relevante, ela precisa ser percebida pelas autoridades e pelo público como tal. Este problema é especialmente significativo em países em desenvolvimento, com uma ciência razoavelmente desenvolvida, em volume e em qualidade, todavia não necessariamente de ponta.

O campo relatado neste livro pressupõe a condição referida acima, tendo o experimento sido realizado nestas circunstâncias. Ou seja, não nos propomos aqui a introduzir um novo modelo universalmente aplicável de financiamento da ciência, nem mesmo um que venha a substituir as formas de financiamento atualmente empregadas, mesmo em países em desenvolvimento. O que propomos é um novo modelo de financiamento e utilização da ciência a ser acrescido aos demais já praticados.

Nos países ricos, a questão do financiamento e da utilização da ciência está, bem ou mal, resolvida. Há um volume muito grande de aportes à ciência, tanto por parte do governo, incluindo o setor militar e de inteligência, como por parte da iniciativa privada. Na realidade, no mundo contemporâneo, a ciência e a tecnologia dela resultante são elementos intrínsecos que estão na essência da fase atual do capitalismo.

Uma vez esclarecida a aplicabilidade da proposta, podemos enunciar em termos mais breves a questão aqui abordada como a seguinte: como podemos tornar palpável a contribuição da pesquisa científica para o benefício da sociedade, de forma a que esta possa ser percebida como útil e importante, como uma contribuição real e concreta para o bem-estar e o desenvolvimento socioeconômico.

Ciência e Sociedade

"No longo prazo
estaremos todos mortos."
John Maynard Keynes

Como se vê diante das considerações acima, trata-se de uma questão de simples formulação, mas essa simplicidade não deve nos iludir de que seja igualmente simples sua solução. Na realidade não é, como restará demonstrado ao final da leitura deste livro. Todavia, pode-se desde já aquilatar a complexidade pelo tempo que esta questão tem desafiado os órgãos e políticas de fomento à pesquisa, no Brasil e em outros países emergentes, em circunstâncias semelhantes às nossas.

O problema crucial na relação entre sociedade e ciência está na disposição da primeira em prover os recursos para a realização e o progresso da segunda, desde a formação do pessoal qualificado ao seu exercício, o que inclui para além do nível superior, a formação pós-graduada, até o custeio dos equipamentos, insumos, laboratórios e pessoal demandados para a pesquisa científica. Naturalmente, a disposição da sociedade e das autoridades governamentais em prover o fomento da ciência está intimamente ligada à percepção de sua utilidade e importância para o desenvolvimento e para a governabilidade.

Em outros termos: "A empresa da ciência custa caro a uma sociedade onde os recursos são limitados e cujo uso exige uma rigorosa eleição de prioridades. Para que as autoridades possam nela investir o volume de recursos necessários à sua satisfatória realização, precisam assegurar-se que haja um retorno compatível a este investimento". Ademais, de forma a prestar contas à sociedade, esse retorno deve ser, na medida do possível, visível a olho nu pela população e em prazo suficientemente curto para sua apreciação.

Em uma sociedade, decorrido o tempo necessário, há um indiscutível retorno da prática da ciência. O que se pode dizer é que tal retorno não é facilmente percebido e frequentemente se dá no longo prazo. As respostas e entregas fornecidas não têm sido suficientes para convencer a sociedade e as autoridades que a regem da importância e do mérito da ciência a ponto de se disporem a lhe prover de financiamento satisfatório. Quando esclarecidos, os governos no máximo destinam o mínimo à manutenção da ciência, que se

lhes afigura como um custo do estado e não como um legítimo e rentável investimento.

Essa questão do retorno do investimento na ciência vem sendo discutida há décadas, tanto no plano nacional quanto local. Os participantes dessa discussão, fora da academia, questionam as somas destinadas às universidades e à pesquisa científica, diante do parco retorno sob a forma de resultados práticos imediatos. Arguir que isso é próprio da natureza da ciência e da atividade acadêmica não tem efeito relevante sobre este debate.

A questão, pois, é: o que teria um efeito resolutivo e produziria uma resposta satisfatória aos que formulam essa crítica? Atingimos aqui o âmago da questão. No que segue, no corpo desse volume, há uma resposta efetiva a este repto, ilustrada por sua aplicação a diversas áreas da administração pública, que podem claramente se beneficiar do conhecimento científico e da tecnologia dele derivada. Não se trata aqui, pois, de uma resposta retórica, mas da proposição executiva de uma política de gestão científica que, pensamos, ou melhor, estamos convictos, que mais do que resolver, é capaz de dissolver a questão. No âmbito do Programa Cientista Chefe, não nos interessa o debate, mas os resultados.

O Tempo da Ciência e o Tempo da Política

"A única coisa
que não muda
é que tudo muda."
Heráclito

Ainda que o debate em torno da utilidade da ciência não seja o objeto deste trabalho, convém considerá-lo, ainda que brevemente nesta introdução, a fim de melhor esclarecer o raciocínio que nos levou à proposição que se segue.

Um dos argumentos frequentemente utilizados como explicação da frustração dos governantes e da sociedade com a intangibilidade prática da ciência, tem a ver com o longo tempo que a ciência requer para maturar seus resultados ao ponto de torná-los sensíveis. Por outro lado, próprio é da política exigir resultados rápidos, de preferência que a distância entre o investimento e o resultado estejam abrangidos em um mandato, e isto não é o que geralmente acontece.

A observação acima expressa a verdade, mas não constitui um diagnóstico definitivo sobre a questão. Se um resultado científico aplicado em uma sociedade fosse tomado como uma unidade, isto é, como um produto e que todos os recursos utilizados na sua produção fossem tomados como um investimento, haveria sim um lapso temporal considerável entre um e outro.

Entretanto, isso não reflete a realidade do fazer e do financiar científico. Simplesmente, não é assim que as coisas ocorrem no mundo da ciência. Na realidade, a ciência e seu resultado não constituem um produto, mas um processo. Tudo está em fluxo e poucas coisas fluem como a ciência.

Como em outras áreas do investimento capitalista, o agronegócio por exemplo, o financiamento se dá de forma contínua de modo a pôr-se em ação, com a devida manutenção. Da mesma forma, as diversas fases do fazer científico devem ser continuamente alimentadas por um fluxo permanente de recursos. Este fluxo deve ser suficiente para assegurar a formação de pessoal em nível superior, a coleta de talentos científicos através de programas de iniciação cientifica, a formação em pós-graduação, com a manutenção dos alunos até o nível de doutorado e, finalmente, a atração de pesquisadores e sua fixação para formação de grupos de pesquisa. A toda esta fase que se refere ao investimento no capital humano há que prover de forma igualmente contínua e permanente a construção e manutenção de infraestrutura de pesquisa de modo a garantir condições favoráveis de trabalho aos pesquisadores e permitir sua evolução. Tudo isso, deve ser realizado com aportes contínuos e regulares à lide científica. Não há mal maior ao desenvolvimento científico do que a inconstância, imprevisibilidade e suspenção deste financiamento, o que em países em desenvolvimento costuma ocorrer com certa frequência. Tal circunstância tem efeito sobre a ciência semelhante ao que teria sobre o desenvolvimento de um ser humano a insegurança quanto à alimentação e/ou educação em uma criança.

Portanto, o argumento do tempo da ciência versus o tempo da política pode ser neutralizado por uma prática que consista no seguinte: uma vez disponível um panorama científico de importância, que seja feito um investimento adicional em ordem de colhê-lo e aplicá-lo em benefício da sociedade.

Alguns países em desenvolvimento possuem um volume de produção científica razoavelmente significativo, quantitativo e qualitativo. O Brasil está entre os 15 países de maior produção científica no mundo, o que lhe constitui uma riqueza. Ademais, a grande maioria da pesquisa científica realizada nestes países, sendo o caso do Brasil e mais particularmente do estado do Ceará, é aplicada. Melhormente se diria, é aplicável. Reside aqui precisamente a oportunidade de inovação que o Programa Cientista Chefe introduz. Embora aplicável, esta pesquisa permanece em sua quase totalidade inaplicada, resultando tão somente na publicação de papers em revistas científicas especializadas de forma a garantir boa avaliação dos pesquisadores e dos programas de pós-graduação aos quais pertencem. Por mais que seja louvável e de indiscutível importância para a vida acadêmica, não se recompensa a sociedade com estes resultados que, de uma maneira

geral, os ignora. Aqui, precisamente o X da questão, o nó górdio, a Excalibur presa na pedra, o ovo de Colombo.

O que impede o aproveitamento dos resultados da pesquisa aplicada para o benefício da sociedade? Nada de positivo o impede. Verificamos, na prática, que não há relutância dos membros da academia ou nas instituições universitárias em aplicar suas pesquisas em problemas práticos e reais da sociedade, ou mesmo, da gestão pública. O que falta então? A razão que preclude tal ocorrência é de caráter negativo e se configura na ausência de um instrumento capaz de operar a necessária conexão entre as demandas e necessidades do governo e da sociedade e a pesquisa realizada nesta sociedade. Prover este instrumento, que é descrito em seus pontos principais nesta introdução e ilustrado no corpo deste livro, é o objetivo do Programa Cientista Chefe.

Produtividade Científica

"Um negócio só é bom
se todas as partes saem ganhando."
Comerciante anônimo.

Um ponto importante a examinar é o seguinte: por participar do Programa Cientista Chefe o pesquisador dedicará parte do seu tempo e empenho à solução de problemas reais de interesse da sociedade e sob a gestão do governo; é de se esperar que esta dedicação tenha um impacto sob sua carreira científica, inclusive no desempenho dos seus alunos. Será este um impacto negativo que tende a atrasá-lo na sua carreira e na dos seus alunos? Este seria um efeito colateral desagradável, capaz de, por si só, impedir que pesquisadores de maior vocação relutem em aderir aos projetos.

Felizmente, por exame a posteriori, fomos capazes de verificar que tal fato não ocorre. Em muitos casos, ao invés de cair, a produção aumentou e tornou-se mais qualificada. Esse foi um efeito observado de forma quase geral entre os grupos de cientistas participantes. Por análise retrospectiva, dois fatores principais contribuem para a manutenção ou mesmo aumento da produtividade de pesquisa:

i) Problemas reais: a demanda de problemas reais e locais, apresentada pela gestão pública, é associada a soluções que atraem mais interesse do meio acadêmico do que soluções imaginadas ou abstratas;

ii) Dados: a disponibilidade de dados do mundo real, os quais as repartições de governo dispõem e cujo acesso facultam a pesquisadores com os quais estejam intimamente associados na busca da solução de problemas. O acesso quase irrestrito aos dados que a parceria com órgãos do poder público proporciona é fator decisivo no sucesso e na qualidade da pesquisa.

Devemos concluir que estamos a tratar aqui de um jogo de soma positiva em que ambas as partes ganham.

Breves Palavras Sobre o Surgimento e o Mecanismo do Programa

"O mais importante dote são as capacidades de aprendizagem de uma sociedade (que, por sua vez, é afetada pelo conhecimento que ela possui; seu conhecimento sobre a aprendizagem em si; e seu conhecimento sobre suas próprias capacidades de aprendizagem)".
Joseph E. Stiglitz

O Programa Cientista Chefe, inspirado em práticas eficazes de inovação empresarial, valoriza a autonomia na formação da equipe, a definição precisa de metas, a flexibilidade para realizar ajustes e a busca constante pela melhoria dos processos e validação sistemática dos produtos. O Programa não é resultado de um planejamento estratégico preestabelecido, mas emergiu e se fortaleceu por meio de uma abordagem experimental, respaldada pela rigorosidade científica que caracteriza a Funcap.

Estabelecemos fevereiro de 2018 como o marco inaugural do Programa Cientista Chefe. Nesse período, algumas circunstâncias merecem destaque: uma demanda qualificada por parte da Secretaria de Segurança Pública do Estado do Ceará, a presença de um secretário entusiasta e capaz de motivar sua equipe técnica a buscar soluções urgentes para os problemas mais prementes do setor e a existência de competência acadêmica local, capaz de

desenvolver ideias e projetos inovadores e aplicáveis, com uma preferência por soluções tecnológicas personalizadas para o setor de segurança pública.

Esse contexto local, aliado à experiência de apoio à pesquisa, facilitou o desenvolvimento de projetos-piloto que ocorriam simultaneamente tanto no órgão governamental quanto na universidade, sem que os pesquisadores precisassem deixar o ambiente acadêmico, e ainda sendo remunerados por suas atividades no projeto. Uma condição básica era produzir resultados de curto prazo que demonstrassem que a nova estrutura era viável, eficiente e eficaz.

Com as primeiras entregas realizadas com sucesso (quick wins), outros quatro órgãos governamentais uniram-se ansiosos por resultados tangíveis. Cientes de que começar com um número reduzido de órgãos de grande relevância e com possibilidade razoável de sucesso aumentaria a probabilidade de obter um forte apoio do Governo do Estado, foi necessário reestruturar a Funcap, fortalecendo seu setor de Inovação Pública para acompanhar a ação. Isso se deu em virtude do grande número de bolsistas envolvidos e da necessidade de um monitoramento mais sofisticado em relação às entregas que pudessem ser valorizadas e implementadas pelos respectivos órgãos interessados. À medida que os resultados surgiam e os órgãos participantes demonstravam satisfação, o Programa ganhava legitimidade e reputação, sendo requisitado por diferentes secretarias e outros agentes governamentais. O sucesso alcançado culminou com a promulgação da Lei nº 17.378 em 2021, que conferiu segurança jurídica à inovação no setor público do Estado do Ceará. Tal conquista permitiu que a Funcap ampliasse seu papel no ecossistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do estado, transformando-se de uma Fundação de Amparo à Pesquisa (FAP) em uma Fundação de promoção do Desenvolvimento Socioeconômico por meio da Ciência e da Inovação. Nesse novo papel, a Funcap reorientou as relações entre a pesquisa científica e os órgãos da administração pública, abrindo um leque de novas oportunidades para a melhoria dos produtos e serviços oferecidos pelo governo à população.

Ainda há muito espaço para demonstrar o retorno financeiro de um programa como o Cientista Chefe, além de constatar de forma inequívoca que as inovações geradas contribuem para solucionar os problemas enfrentados pela sociedade cearense. Essa comprovação está sendo perseguida por meio de ferramentas desenvolvidas na Funcap, emergidas da experimentação com formas originais de inovação pública. Tais ferramentas proporcionam maior transparência e eficiência nos processos decisórios no âmbito público, abarcando diversas áreas e enfrentando os inúmeros desafios reais da sociedade cearense.

Neste momento de transição de economias pautadas pela eficiência para economias orientadas pela inovação, é relevante ressaltar que o conteúdo apresentado neste livro demandou coragem, trabalho árduo e recursos financeiros. O Governo do Estado do Ceará sempre demonstrou sensibilidade em assegurar esses recursos, transmitindo uma mensagem clara: no Ceará, acredita-se que o conhecimento é um fator impulsionador do desenvolvimento econômico e social, e que ciência e inovação são eficazes, proporcionando soluções verificáveis e valiosas. Ciência e inovação são essenciais, porém insuficientes. Precisaremos continuar a ser criativos e inovadores no estímulo, desenvolvimento e aplicação de soluções para problemas persistentes e desafios que ainda estão por surgir. Esse continuará sendo o desafio da Funcap.

Desejamos uma agradável leitura!

Uso da Tecnologia para Fomentar a Inteligência Científica na Segurança Pública

Emanuele Marques Rodrigues Santos

Colaboradores
José Antonio Fernandes de Macêdo
Paulo Antonio Leal Rego
Fernando Antonio Mota Trinta

RESUMO

A segurança pública é uma das áreas que tem recebido investimentos significativos pelo Estado do Ceará. Visando um melhor aproveitamento desses investimentos e adotando como princípio norteador o policiamento baseado em evidências, os projetos no âmbito do cientista chefe da segurança pública têm realizado estudos científicos para desenvolver e aplicar soluções tecnológicas de identificação humana (Civil e Criminal), identificação veicular, acompanhamento de pessoas e veículos pelos órgãos de segurança pública, otimizando o patrulhamento ostensivo e comunitário, maximizando os sistemas de informação existentes nas pastas, e integrando estas informações através do uso e aplicação de ciência de dados, aprendizado de máquina e áreas afins para análise de grandes volumes de dados dos mais diversos tipos e fontes (Big Data). Como resultados alcançados, ao longo de quatro anos, foram desenvolvidos diversos sistemas computacionais, tais como PCA, AFIS, STATUS, CEREBRUM, ID Ceará, dentre outros, todos em uso pelos órgãos da Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social do Estado do Ceará (SSPDS-CE). Os projetos também geraram 40 publicações em periódicos e conferências qualificados. O programa cientista chefe da segurança pública impactou fortemente a sociedade cearense trazendo ciência e inovação para a segurança, fomentando a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de ponta no Estado e colocando o Ceará em uma posição estratégica no cenário da segurança pública nacional.

Introdução

O crime tem se tornado um problema central em vários países do mundo, inclusive no Brasil. Particularmente, os crimes violentos aumentaram dramaticamente em partes do Brasil em décadas recentes (SAPORI; SOARES, 2015). A situação do Estado do Ceará, no início de 2018, quando se iniciou o programa cientista chefe da segurança pública, não era diferente. Em 2017, quando o Brasil atingiu o ápice de Mortes Violentas Intencionais (MVI) com uma taxa de 30,9 para cada 100 mil habitantes (LIMA; BUENO; ALCADIPANI, 2021), o Estado apresentou um total de 5.133 vítimas de CVLI (Crimes Violentos Letais Intencionais)[1], o maior número de vítimas ocorrido desde 2005[2].

A situação no Estado do Ceará no início de 2018 consistia em uma alta mobilidade do crime, baixa mobilidade do aparato preventivo e repressivo do Estado, burocracia e lentidão estatal nos ajustes de políticas de segurança pública; tecnologia de identificação pessoal e veicular defasada, o que facilitava fraudes e a utilização por parte dos infratores de um sistema de redes, sem uma hierarquia vertical, dificultando a identificação de criminosos e o monitoramento e desarticulação de quadrilhas.

Dentro desse prisma, o investimento em tecnologias que facilitem o trabalho da polícia e dos órgãos de segurança pública são fundamentais para o controle do crime e da violência, sendo imprescindível trabalhar de maneira integrada usando todos os recursos que estejam disponíveis. O controle e fiscalização necessários para diminuir os índices de violência enfrentam grandes barreiras. Por exemplo, ainda é possível atualmente no Brasil, que um cidadão possua uma identidade civil em mais de um Estado da Federação[3]. Este fato contribui para que infratores que emitem novas identificações fiquem impunes a crimes já cometidos em diferentes localidades, gerando com isso, um novo histórico junto aos órgãos de segurança pública em cada estado brasileiro.

Dessa forma, a identificação civil e criminal é um verdadeiro desafio às forças policiais. Junto a essa dificuldade, existia a problemática da consulta aos mandados de prisões em aberto ou/e outras restrições que o indivíduo abordado ou detido possuía. Por vezes, as equipes policiais chegavam a se deslocar por centenas de quilômetros apenas para proceder à identificação civil e criminal de uma pessoa abordada ou detida, fato este que tem um alto custo econômico devido a fatores como custos com combustível e alocação de recursos humanos e policiamento, pois muitas vezes a viatura alocada ao procedimento era a única responsável pela cobertura de área. Como consequência, o deslocamento desta viatura para uma simples identificação deixava a área de patrulhamento desguarnecida de policiamento até o retorno desta.

O aumento do número de veículos e seu impacto sobre a mobilidade urbana trouxeram ainda mais dificuldades e transtornos a estes procedimentos, uma vez que o tempo de deslocamento hoje é muito maior que em décadas passadas. Uma possibilidade mais interessante seria poder coletar e verificar a identificação das pessoas (e consequentemente dos criminosos) no local de sua

abordagem, ao mesmo tempo em que coleta as informações georreferenciadas, de modo a, por exemplo, ter dados sobre o deslocamento de certos indivíduos durante fugas.

Nesse sentido, é imprescindível a proposição de soluções para atacar as deficiências dos procedimentos de segurança pública, ao mesmo tempo que se busque otimizar os recursos existentes e cortar custos associados a tais procedimentos. Uma das formas é por meio de uso de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Atualmente vários são os campos de aplicações que têm utilizado de TICs para oferecer novos e mais aperfeiçoados serviços a seus usuários. Mais recentemente, um tema recorrente é o da ciência de dados, onde por meio de técnicas de aprendizado de máquina, big data e otimização, o conhecimento sobre determinados assuntos é auxiliado pelo processamento de grandes volumes de dados no intuito de se obter novas informações relevantes sobre tais dados.

É nesse contexto em que estão inseridos os três projetos estruturantes do Cientista Chefe da Segurança Pública. O primeiro projeto, intitulado "Inteligência Científica e Tecnológica na Segurança Pública", foi coordenado pelo professor José Antônio Fernandes de Macêdo (também o primeiro cientista chefe da Segurança Pública), iniciado em junho de 2018 e concluído em junho de 2020. O segundo projeto, intitulado "Plataforma Multibiométrica e Monitoramento Inteligente", foi coordenado pelo professor Paulo Antônio Leal Rego, iniciado em setembro de 2019 e com previsão de conclusão em dezembro de 2022. O terceiro projeto, intitulado "Gestão de segurança pública com foco em consciência situacional", foi coordenado pelo professor Fernando Antônio Mota Trinta, iniciado em junho de 2021 e concluído em novembro de 2022.

Este artigo relata como os projetos do cientista chefe da segurança pública impactaram fortemente a sociedade cearense, trazendo inovação e inteligência científica aos órgãos de segurança pública, além de fomentar a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de ponta no Estado e colocando o Ceará em uma posição estratégica no cenário da segurança pública nacional, fatores esses que corroboram para demonstrar que os resultados e impactos alcançados foram muito além dos objetivos específicos definidos para os projetos.

Os Projetos Estruturantes e seus Resultados

De 2018 a 2022, três projetos estruturantes foram executados no âmbito do programa cientista chefe da segurança pública. Apesar de estarem relacionados, cada projeto focou em problemas diferentes de segurança pública.

Ferramentas Analíticas e Sistemas de Identificação para os Órgãos de Segurança Pública do Estado do Ceará

O projeto "Inteligência Científica e Tecnológica na Segurança Pública" desenvolveu ferramentas analíticas e sistemas de identificação para os órgãos de segurança pública do Estado do Ceará, com objetivo de assegurar maior

qualidade na identificação humana, na identificação veicular, no georreferenciamento de pessoas e veículos e análises em tempo real da mobilidade do crime. Dentre as ferramentas desenvolvidas, destacam-se:

CEREBRUM e a Plataforma de Big Data

O CEREBRUM é um Painel Analítico para Suporte a Decisões Estratégicas. Constitui uma interface web para buscas a diversas bases e apresenta várias visualizações sobre mapas. Além disso, este painel apresenta a análise da evolução de indicadores relacionados com a performance da segurança pública. O painel de controle está conectado à base de dados integrada, podendo obter dados de bases atualizadas em tempo real, caso estejam disponíveis. Essa é a principal ferramenta da plataforma de Big Data da Segurança Pública do Estado do Ceará (Figura 3). A maneira de realizar buscas funciona de modo semelhante a fazer buscas usando um sistema de buscas na web, como o Google, digitando palavras de texto no campo superior. Dentre as fontes de dados mapeadas na plataforma, podem-se listar: bases de identificação civil e criminal, PCA – Portal de Comando Avançado, SIP3W – Sistema de Informações Policiais, DETRAN, SISPEN – Sistema Penitenciário (Apenados e Visitantes), Câmeras de Monitoramento, Indicadores CVLI e CVP (Crimes Violentos contra o Patrimônio), Monitoramento dos sensores integrados ao SPIA, SEJUS (tornozelados), Enel, e outras. A plataforma foi desenvolvida sobre os princípios e conceitos de uma arquitetura de microsserviços.

STATUS - Sistema Tecnológico para Acompanhamento Territorial de Unidades de Segurança

Conhecido inicialmente como CrimeWatcher, é uma ferramenta de visualização analítica para dados de crimes. O STATUS utiliza ciência de dados, estatística, geoprocessamento e inteligência artificial. Sua principal funcionalidade é a análise de hotspots (manchas criminais). Hotspots são regiões geográficas que possuem desproporcionalmente mais crimes do que outras regiões em uma dada jurisdição (BRAGA et al., 2014). O policiamento baseado em hotspot consiste em priorizar a alocação de recursos nessas regiões. A base de evidências para o policiamento baseado em hotspot é uma das mais sólidas (BRAGA et al., 2014). O STATUS permite que gestores e tomadores de decisão da Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social do Governo do Estado do Ceará (SSPDS-CE) possam gerar estatísticas quantitativas das ocorrências cadastradas no sistema em várias escalas temporais (hora/dia/semana/mês/ano) e construir as mais diversas análises visuais baseadas em mapas e outros gráficos, incluindo manchas criminais. As análises são organizadas em camadas e as informações relevantes para a análise, tais como pontos de interesse (batalhão, delegacia, escolas etc.) e regiões administrativas (Área Integrada de Segurança - AIS, bairros, municípios) podem ser exibidas sob demanda. Os mapas são customizáveis e os analistas podem configurar cores, transparência e outros elementos visuais. Os filtros temporais e espaciais auxiliam a seleção de ocorrências, as ferramentas de anotações permitem que analistas anotem suas descobertas e as comuniquem para os demais membros da organização através

da funcionalidade de compartilhamento. O STATUS incorpora uma inovação técnica, chamada MSKDE (QUEIROZ NETO et al., 2016) para a geração rápida e precisa de bordas criminais (Figura 1).

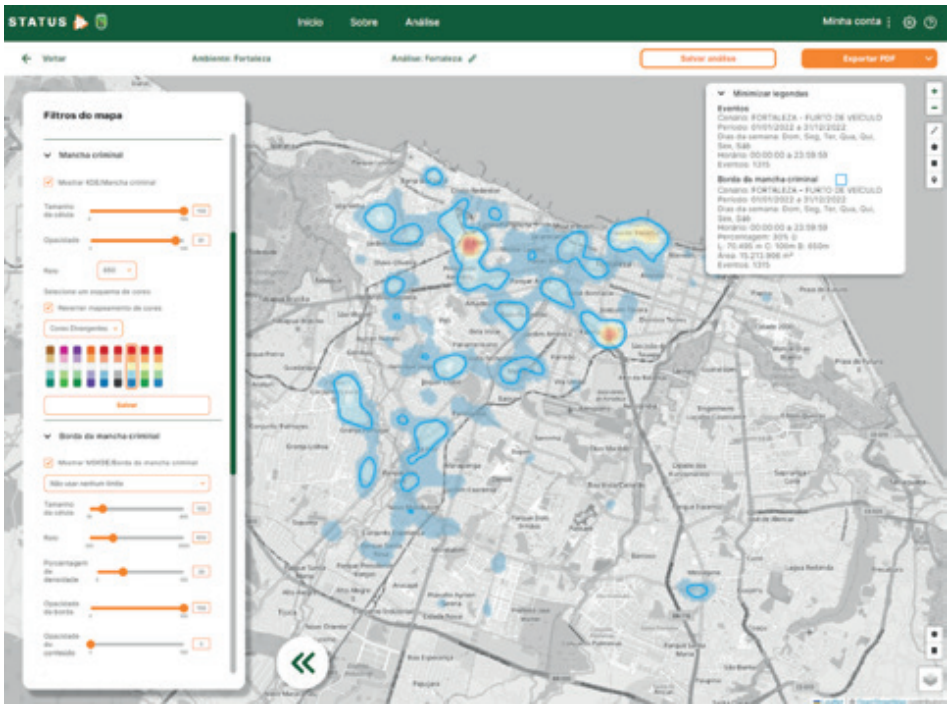


Figura 1: Ferramenta STATUS com as melhorias produzidas pelo Projeto Consciência Situacional. São usadas manchas e bordas criminais para acompanhar os furtos de veículos. Fonte: Projeto Gestão de Segurança Pública com Foco em Consciência Situacional.

PCA - Portal de Comando Avançado

Aplicativo móvel utilizado no policiamento ostensivo. Este aplicativo também está conectado à plataforma de Big Data capaz de atualizar os policiais de modo rápido e frequente sobre rotas e eventos relacionados a delitos. Desta forma, o PCA permite buscas a bases civis e criminais e a bases de veículos do DETRAN. Através desse aplicativo e de um leitor biométrico, o policial pode identificar pessoas durante abordagens policiais. Também pode identificar pessoas na base civil através de uma busca facial implementada pelo projeto "Plataforma Multibiométrica e Monitoramento Inteligente". Os policiais também podem cadastrar um termo de encaminhamento no PCA. Assim, aumenta-se a qualidade da informação captada pelos policiais ao realizarem abordagens que demandem encaminhamento para as delegacias. Com isso, o policial tem a capacidade de preencher, previamente a sua chegada na delegacia, informações das pessoas envolvidas, localização do evento, captação de imagens e objetos apreendidos.

AFIS: Sistema de Identificação Automatizada de Impressões Digitais

Possui uma inovação que torna as consultas sobre uma base de digitais mais eficientes. O AFIS foi integrado ao sistema PCA. Algoritmo para identificar veículos (cor, modelo e características) a partir de imagens de trânsito, utilizando técnicas de processamento digital de imagens e aprendizado de máquina.

Human NERD – Sistema para Classificação Automática de Textos de Boletins de Ocorrência Através do uso de Redes Neurais Profundas

Esta ferramenta é capaz de importar dados de Boletins de Ocorrência a partir de dados originais em diferentes formatos. Para isso, foi necessária a criação de um modelo de classificação especialista no domínio de crimes letais, violentos e intencionais - tal pesquisa foi de suma importância, pois no estado da arte não existiam modelos para tal domínio. Além do modelo, a ferramenta Human NERD simplifica bastante o processo complexo de classificação, treinamento e uso desses modelos, permitindo que, durante o processo, um analista humano possa intervir para melhorar as classificações do modelo.

Entregas do Projeto Plataforma Multibiométrica e Monitoramento Inteligente

No decorrer do projeto "Inteligência Científica e Tecnológica na Segurança Pública", foi verificada a necessidade de se realizar pesquisas voltadas ao desenvolvimento de tecnologias de reconhecimento facial, possibilitando o reconhecimento multibiométrico (digital e facial) de pessoas, e evitando erros de identificação como os que têm ocorrido em diversas experiências de reconhecimento biométrico em outros estados do Brasil. Assim, o projeto "Plataforma Multibiométrica e Monitoramento Inteligente" desenvolveu soluções tecnológicas para: motor de buscas para reconhecimento facial para consultas às bases Civil e Criminal, integrado aos sistemas existentes na SSPDS-CE; analíticos para vídeo monitoramento, visando a identificação de objetos e comportamentos de interesse; novo modelo de registro civil com uso de tecnologias e inteligências que garantam uma coleta rápida e de qualidade; plataforma de identidade digital. Dentre os principais entregáveis desse projeto, podemos destacar:

ABIS – Integração entre AFIS (com Foco em Digitais) e Reconhecimento Facial
Inclui o desenvolvimento de dois algoritmos de identificação facial que foram implementados no módulo de identificação facial na plataforma ABIS e como um serviço web isolado, caso seja necessário esse modo de utilização. Os algoritmos foram integrados ao PCA;

MAVIC - Plataforma de Monitoramento de Analíticos de Visão Computacional, para Rastreamento de Veículos e Pessoas, em Vídeos

É um sistema web que permite o monitoramento em tempo real de câmeras e de analíticos de vídeo aplicados a essas câmeras através de acesso autorizado por

meio de login e senha. Tais analíticos usam técnicas de Inteligência Artificial e Visão Computacional para extrair informações importantes dos vídeos, e retorná-las em tempo real para acompanhamento (Figura 2). O MAVIC pode ser utilizado em vários cenários, desde o monitoramento de locais internos e controlados, até cenários de monitoramento de vias públicas. São inúmeros os ganhos na segurança pública, como a possível coibição de crimes, o monitoramento em tempo real em diferentes contextos, identificação, captura de criminosos, infratores, a investigação, da justiça e a não impunidade de delitos cometidos ou em processo de execução;

ID Ceará. Plataforma de Login Único (Central de Autenticação e Autorização - CAA) que Permite Autenticação e Autorização de Usuários e Aplicações, com Duplo Fator de Autenticação Baseado em QR Code

O cidadão pode unir login + RG para ter acesso ao RG Digital. A autenticação é multibiométrica e por QR Code, permitindo também acesso rápido à 2a via do documento. O ID Ceará incorpora os algoritmos de identificação facial e liveness (ao vivo). Tal tecnologia possibilita identificar documentos possivelmente forjados, pois o QR Code do RG contém informação virtualmente inviolável que só poderia ser gerada de forma consistente pelo emissor do documento.



Figura 2: Uso da plataforma MAVIC para rastreamento de pessoas e veículos. Fonte: capturas de telas elaborada pelos autores.

Principais Produtos do Projeto Gestão de Segurança Pública com Foco em Consciência Situacional

As ferramentas desenvolvidas no contexto do projeto "Inteligência Científica e Tecnológica na Segurança Pública" geram um grande volume de dados e, para a tomada de decisões em um ambiente complexo, com a presença de incerteza e de informações incompletas, faz-se necessário garantir que gestores e agentes de segurança pública não se sobrecarreguem com esse volume de dados, ao contrário, que eles possam receber dados e informações relevantes às suas

atividades diárias, suas responsabilidades ou a um dado problema que estejam tentando resolver naquele momento (SANTOS, 2017). Portanto essas ferramentas precisam ser projetadas para dar suporte à Consciência Situacional (CS).

Basicamente, no contexto da atividade policial, a CS descreve um estado idealizado de entendimento do que está acontecendo numa situação com muitos atores e outros elementos dinâmicos, especialmente com relação às necessidades de operações de comando e controle, sendo fundamental na tomada de decisões pelos gestores e agentes envolvidos. Dessa forma, o projeto "Gestão de segurança pública com foco em consciência situacional" desenvolveu novas integrações e ferramentas tecnológicas, e aplicou melhorias às principais ferramentas desenvolvidas no projeto, visando facilitar a consciência situacional dos gestores e agentes de segurança pública. O objetivo é garantir que as informações geradas sejam relevantes e acessíveis para produzir um alto nível de entendimento do que está acontecendo através do design centrado no usuário. Dentre os principais produtos do projeto, destacam-se:

(I) Melhorias de usabilidade do CEREBRUM, implantadas após uma avaliação de usabilidade do sistema, em que foram detectados diversos problemas que impactavam o grau de satisfação e eficiência na sua utilização. As janelas do sistema foram unificadas, o serviço de manchas criminais do STATUS foi disponibilizado no CEREBRUM e foi implementada a Rede de Vínculos a partir dos dados das bases civil, criminal, DETRAN, e SISPEN Apenados e Visitante (Figura 3). Além disso, foi implantada a geração automática de relatório a partir dos resultados das buscas no sistema.



Figura 3: Uso da plataforma Rede de vínculos exibindo três alvos de busca que compartilham vínculos. Fonte: Captura de tela elaborada pelos autores.

(II) Otimização no sistema STATUS, com migração de arquitetura centralizada para uma arquitetura distribuída e integrada à plataforma de autenticação comum ao CEREBRUM e ao ID Ceará. O serviço de geração de manchas foi disponibilizado a outros sistemas como o CEREBRUM.

(III) PDI – Painel Dinâmico Interno é um sistema utilizado para o acompanhamento dos principais indicadores de criminalidade do estado e inclui informações exclusivas para o Secretário. Além do controle de acesso ao painel, foi implantado um rigoroso processo de alimentação de dados, em que estes são verificados antes da inserção para evitar a ocorrência de erros.

(IV) SGO – Sistema de Gerenciamento de Operações é um sistema utilizado pela Coordenadoria Integrada de Planejamento Operacional (Copol) para controle e acompanhamento de operações e do efetivo de forças escalados para as missões em campo. Participantes em campo preenchem as informações sobre os resultados das operações e esses dados são consolidados para posterior visualização através de dashboards com estatísticas calculadas automaticamente. Os gestores podem comparar dados e edições de operações e dados de forças participantes.

Outras Contribuições

Além dos resultados concretos das ferramentas desenvolvidas, ressaltamos os 40 artigos publicados em periódicos e conferências qualificadas ao longo desses quatro anos. Não menos importante, todos os projetos do cientista chefe permitiram a formação de estudantes de doutorado, mestrado e graduação em uma escala nunca vista em projetos de pesquisa no Estado do Ceará, incluindo os alunos dos campi da UFC localizados no interior, cumprindo um papel importantíssimo no fortalecimento da pesquisa científica cearense. Este último fato pode ser comprovado através do convite feito à UFC para liderar o projeto SINESP Big Data e Inteligência Artificial no Ministério da Justiça do Governo Federal, em execução de 2019 a 2021, para desenvolver o Sistema Único de Segurança Pública Nacional. Este projeto permitiu a atração de 36 milhões de reais para serem aplicados no Ceará, os quais fomentaram diversas pesquisas de ponta em várias universidades cearenses e profissionais de TI do estado. O programa cientista chefe da Segurança permitiu que o Estado do Ceará fosse visto como um estado inovador por todos os estados brasileiros, dados os resultados alcançados e os impactos gerados no uso da tecnologia de ponta no problema da segurança pública. Dessa forma, este programa tem permitido ainda a troca de experiências entre a SSPDS-CE e as secretarias dos outros Estados a partir dos resultados alcançados. Ademais, também possibilitou o nascimento de outros projetos de inovação junto à FUNCAP, ajudando o Governo a dar início ao projeto de Transformação Digital do Governo do Ceará, através da criação do Laboratório de Dados e Inovação da Casa Civil. Este projeto gerou novos projetos relacionados com a modernização dos serviços aos cidadãos, trazendo resultados que puderam ser percebidos ao longo da pandemia. Os três projetos foram executados pela Universidade Federal do Ceará (UFC), sendo firmadas diversas parcerias institucionais, com uma forte integração entre as

equipes da UFC, Instituto Federal do Ceará, vários órgãos da SSPDS-CE e PRF/CE. Os projetos não teriam o sucesso alcançado se não fosse pelo empenho e esforço de todos os envolvidos: os coordenadores, professores, pesquisadores, estudantes de graduação e pós-graduação e desenvolvedores. Também foi fundamental o apoio do Sr. Secretário da SSPDS-CE, Sandro Caron, e de toda a equipe da Supesp, especialmente o superintendente Dr. Helano Nogueira, Manuela Cândido, Franklin Torres e Raif Gomes; e da Perícia Forense do Estado do Ceará (Pefoce), especialmente o Dr. Julio Torres, e dos demais colaboradores da SSPDS-CE.

Considerações Finais

Este artigo apresentou os projetos no âmbito do programa Cientista Chefe da Segurança Pública. As ferramentas desenvolvidas têm permitido a tomada de decisão mais ágil, otimização do uso das forças, com redução do tempo em algumas atividades que anteriormente eram realizadas de forma manual. As ferramentas também estão alinhadas à adoção de métodos científicos e de técnicas policiais baseadas em evidências. Não há dúvidas de que os projetos foram um divisor de águas no contexto do Programa Cientista Chefe da FUNCAP, revelando o enorme potencial da colaboração entre a academia e o governo, na busca de soluções de problemas complexos da nossa sociedade. A maior prova deste fato foi o Governo do Ceará, através da Secretaria de Segurança Pública, ter alcançado, no fim do ano de 2019, o menor índice de assassinatos dos últimos 10 anos, atingindo a redução de 50% para este tipo de crime, além da redução de 63% na quantidade de roubos a veículos e 63% no roubo a cargas. Tais resultados não ocorreram de forma abrupta e pontual, mas através de uma redução consistente dos índices ao longo dos anos de 2018 e 2019, sincronicamente com início deste programa. Mesmo com uma alta expressiva nos crimes de CVLI e CVP em 2020, os últimos dois anos (2021 e 2022) vêm apresentando uma redução consistente de ambos os índices.

Notas

1. Dados obtidos do Painel Dinâmico da Supesp – SSPDS-CE em https://www.supesp.ce.gov.br/painel_dinamico/

2. O ano de 2005 foi o ano abordado pelo 1º. Anuário Brasileiro de Segurança Pública. Todos os anuários estão disponíveis em https://forumseguranca.org.br/anuario-brasileiro-seguranca-publica/

3. Já foi iniciada no Brasil a implantação da Carteira de Identidade Nacional (CIN), emitida em um modelo único e com validade para o território nacional a partir do dia 4 de agosto de 2022. Os estados têm até março de 2023 para iniciar a emissão do novo documento.

Cientista Chefe em Recursos Hídricos

Francisco de Assis de Souza Filho

Colaboradores
Ticiana Marinho de Carvalho Studart
Sandra Helena Silva Aquino
Carla Beatriz Costa de Araujo
Samiria Maria Oliveira da Silva

RESUMO

O Programa Cientista Chefe de Recursos Hídricos foi criado em 2019 objetivando conectar a Ciência e a Pesquisa com as necessidades da Política de Recursos Hídricos do Estado promovendo, ainda, a interação estratégica entre Academia-Governo-Indústria em uma Hélice Tríplice. Trata-se de um completo plano de gestão de recursos hídricos, com vistas a dar suporte para a tomada de decisão assertiva por parte do Poder Público, dando condições para o crescimento econômico e para a promoção do bem-estar à população do Estado do Ceará. O Programa está dividido em seis subprojetos (Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da SRH: Demandas Tecnológicas; Otimização do Sistema de Abastecimento de Fortaleza e incorporação das fontes alternativas; Desenvolvimento de Ferramentas Tecnológicas de Gestão para o Planejamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará: Segurança Hídrica e Planejamento de Secas; Gerenciamento de risco, alocação e operação do sistema de recursos hídricos; Capacidade de Suporte do Açude Castanhão e Segurança Hídrica do Projeto Malha d'Água). No período de execução do programa podem ser destacados os seguintes produtos inovadores: o desenvolvimento da Política Estadual de Gestão Proativa de Secas (pioneira no Brasil); o desenvolvimento de uma metodologia inovadora e participativa para a construção de planos de bacia, com incorporação da incerteza climática; a realização Planos de Recursos Hídricos de onze Regiões Hidrográficas, o desenvolvimento de planos de secas em regiões hidrográficas e hidrossistemas; a criação do plano de inovação tecnológica para a SRH, o cálculo das afluências aos reservatórios estratégicos do Ceará (vazões oficiais para o Estado, com aprovação de Resolução para o CONERH), ferramenta computacional para simulação da dinâmica do fósforo no Castanhão, dentre outros. Tais projetos e inovações cearenses em recursos hídricos contribuem para a segurança hídrica do estado e promovem a garantia de água em quantidade e qualidade adequadas para os usos humanos, econômicos e ecossistêmicos no Estado.

Introdução

A Segurança Hídrica é imperativa para promoção do desenvolvimento sustentável. A garantia de água em quantidade e qualidade adequadas para os usos - humanos, econômicos e ecossistêmico - e a prevenção e a resposta a eventos hidrológicos extremos - secas e cheias - são condições básicas para o desenvolvimento da sociedade, sendo as mesmas, também, dimensões intrínsecas à segurança hídrica. As crises devido à escassez hídrica associada as secas marcaram os ciclos de desenvolvimento do Estado do Ceará, estas produziram colapsos na produção economia, nos sistemas urbanos, na saúde entre outros setores, produzindo migrações e grande sofrimento para as populações. Estes fatos encontram-se amplamente documentado nos relatos de secas como as de 1877-78, 1887-90, 1915, 1919, 1932, 1958, 1970, 1981-83, 1998, 2012-2017. Estes impactos tornaram o Risco Hidrológico em Risco Social Sistêmico por sua abrangência multisetorial, por sua severidade potencialmente catastrófica para a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico das populações humanas.
Mitigar os impactos destes eventos tem sido um desafio intergeracional aos cearenses. A redução destes impactos requer o reconhecimento que os processos associados aos recursos hídricos têm características sócio-naturais. Compreender a ocorrência da água na natureza em sua variabilidade espacial e temporal, reconhecer os riscos oriundos destes padrões de ocorrência para reduzir as vulnerabilidades sociais advindas destes riscos deve ser o caminho a ser trilhado. Grosso modo, esta tem sido a trajetória do último século.

A segurança hídrica da população do Estado (8,95 milhões de habitantes) e das atividades econômicas durante os períodos de escassez são fortemente dependentes de sofisticada infraestrutura hídrica, com reservatórios, interligação de bacias, canais e adutoras, entre outros. No Ceará, além de milhares de reservatórios de menor porte (mais de 28.000), 153 reservatórios são considerados estratégicos por concentrarem a capacidade de reservação plurianual (18,93 bilhões de m3), distribuídos nas 12 regiões hidrográficas do Estado. A infraestrutura hídrica compreende ainda 408 km de canais, 1.784 km de adutoras e redes de distribuição e 32 estações de bombeamento. No total, são 2.582 km de rios perenizados, envolvendo 81 corpos d'água.
O problema da água no Ceará não se encerra em ser tão pouca nas secas; há a poluição que degradam a qualidade da água notadamente em anos secos onde eutrofização e salinidade comprometem mananciais; há o problema das cheias urbanas e nos baixos vales dos grandes rios intermitentes; há o problema do elevado custo econômico e financeiro de disponibilização; e há os conflitos associados a apropriação deste recurso escasso, conflitos estes entre regiões, entre usos da água e entre visões sociais e interesses contraditórios.
Um sistema especializado na questão dos recursos hídricos com arcabouço político-jurídico-institucional bem definido foi criado no Estado do Ceará, integrado e autônomo ao Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

Os avanços realizados mudaram o contexto e complexidade dos desafios científicos e tecnológicos a serem enfrentados. A preservação das conquistas

realizadas requer pesquisa e desenvolvimento que possibilite a exploração sustentável e otimizada da exploração dos sistemas de oferta de água, assim como, a incorporação de novos mananciais no portfólio de oferta hídrica, o aprimoramento da gestão da demanda de uso da água possibilitando que mais seja produzido com menos água e estratégias de gestão que reduzam os conflitos sociais entre regiões e usos da água. Os avanços necessitam de aprofundamento na gestão da oferta, gestão da demanda e gestão de conflitos.

A interação Academia-Governo-Indústria é estratégia recomendada para fazer frente a estes desafios e possibilitar em adição a resolução de relevantes problemas do sistema atual produzir tecnologias com potencial de replicação pelo mundo, gerando assim startups que exportarão produtos de alto valor agregado. Espera-se que elas possam vir a ser exportadas para outras regiões produzindo riquezas no estado.

Passo essencial na construção deste mecanismo é conectar a ciência e a pesquisa com as necessidades da Política de Recursos Hídricos do Estado para o enfrentamento destes desafios de forma a buscar a melhor resposta que a ciência possa oferecer à atividade e/ou problemática da água. O Setor de recursos hídricos apresenta experiências bem-sucedidas de cooperação entre governo e academia como a relevante associação no enfrentamento da escassez hídrica.

O programa Cientista Chefe de Recursos Hídricos surge nesse contexto de união de diversos setores do conhecimento, da produção e da administração pública e tem como objetivo geral conectar a ciência e a pesquisa com as necessidades da Política de Recursos Hídricos do Estado e promover a interação estratégica Academia-Governo-Indústria em uma Tríplice Hélice. Trata-se do mais completo plano de gestão de recursos hídricos já realizado no Ceará com vistas a dar suporte para a tomada de decisão assertiva por parte do Poder Público, dando condições para o crescimento econômico e para a promoção do bem-estar à população nesse quesito. Através deste programa foram desenvolvidos seis projetos no Estado do Ceará (iniciados a partir do ano de 2019), estando quatro destes em andamento:

• Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da SRH: Demandas Tecnológicas (FINALIZADO);
• Otimização do Sistema de Abastecimento de Fortaleza e incorporação das fontes alternativas (FINALIZADO);
• Desenvolvimento de Ferramentas Tecnológicas de Gestão para o Planejamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará Segurança Hídrica e Planejamento de Secas (EM ANDAMENTO);
• Gerenciamento de risco, alocação e operação do sistema de recursos hídricos - ALOCAR (EM ANDAMENTO);
• Capacidade de Suporte do Açude Castanhão (EM ANDAMENTO);
• Segurança Hídrica do Projeto Malha d'Água (EM ANDAMENTO).

Destaca-se como pontos fortes de todos os projetos o compromisso dos técnicos das instituições envolvidas para desenvolvimento das atividades, a internalização por parte do Estado das metodologias e processos, as parcerias desenvolvidas a nível nacional e internacional, a inserção de alunos de graduação e pós-graduação em problemas práticos do planejamento de recursos hídricos do Ceará, a inovação científica e tecnológica em recursos hídricos, a estruturação do planejamento de recursos hídricos em três pilares: estratégico, tático e operacional, a publicação de vários artigos científicos em revistas A1 e a participação em congressos nacionais para divulgação dos resultados parciais do projeto.

As soluções desenvolvidas têm grande impacto dos produtos do projeto para a Política de Recursos Hídricos do Estado. São resultados de grande relevância, tais como a "Política Estadual de Gestão Proativa de Secas" que será lançada, como Política Pública no final de 2022 - o Ceará mais uma vez mostrando seu pioneirismo; os Planos de Seca de Regiões Hidrográfica e Hidrossistemas; os Planos de Recursos Hídricos das Regiões Hidrográficas, finalizados em onze das 12 RH do Estado, com metodologia inovadora e participativa; e as vazões oficiais do Estado, que serão aprovadas como Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, além do Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Secretaria de Recursos hídricos, para citar apenas alguns.

Como principal dificuldade ao desenvolvimento de algumas atividades pode-se indicar a pandemia COVID-19 (2020 - 2021) que dificultou o andamento de algumas atividades de campo. Apesar das dificuldades encontradas, a incorporação de ferramentas remotas possibilitou o desenvolvimento - com sucesso - da grande maioria das atividades previstas nos seis projetos, sobretudo nos Planos de Recursos Hídricos, aprovados, em cada uma de suas fases, com grande participação popular em reuniões e audiências públicas virtuais. Os Quadros 1 (projetos finalizados) e 2 (projetos em andamento) resumem as entregas feitas e suas respectivas evidências.

Quadro 1 - Atividades e Evidências de Entregas: Projetos Finalizados

Projeto	**Entregas**	**Evidências das entregas**
P1. Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da SRH: Demandas Tecnológicas	P1.1 Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da SRH: Demandas Tecnológicas	1 - Plano de Ciência e Tecnologia e Inovação da SRH: Demandas Tecnológicas (publicação) 2 - Criação Centro de Águas (Portaria assinada pela UFC, COGERH e SRH)

Quadro 1 continuação - Atividades e Evidências de Entregas: Projetos Finalizados

Projeto	Entregas	Evidências das entregas
P2. Otimização do Sistema de Abastecimento de Fortaleza e incorporação das fontes alternativas	P2.1 - Análise das demandas hídricas atuais P2.2 - Previsão das demandas hídricas futuras de Fortaleza e do Sistema Jaguaribe-Metropolitano P2.3- Avaliação dos custos de oferta hídrica por fontes alternativas P2.4 - Estimativa e análise dos custos das diferentes fontes hídricas P2.5 - Análise da capacidade instalada da ETA P2.6 - Análise da Rede de distribuição de água P2.7 - Estudos hidrológicos P2.8 - Análise da mudança do clima P2.9 - Modelo de Otimização e estratégia ótima de abastecimento P2.10 - Simulação da operação do sistema Jaguaribe-Metropolitano via rede de fluxo P2.11 - Programação das Intervenções e Análise de Risco da Proposta	1 - Relatórios de cada produto 2 - Programa (Script)

Quadro 2 - Atividades e Evidências de Entregas: Projetos em Andamento

Projeto	Entregas	Evidências das entregas
P3. Desenvolvimento de Ferramentas Tecnológicas de Gestão para o Planejamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará Segurança Hídrica e Planejamento de Secas	P3.1 - Plano de Recursos Hídricos da RH do Curu P3.3 - Plano de Recursos Hídricos da RH dos Sertões de Crateús P3.4 - Plano de Recursos Hídricos da RH da Serra da Ibiapaba P3.5 - Plano de Recursos Hídricos da RH do Coreaú P3.6 - Plano de Recursos Hídricos da RH do Litoral P3.7 - Entrega parcial dos Planos de Recursos Hídricos das RH: Acaraú, Rio Salgado, Alto Jaguaribe e Rio Banabuiú - Fase Diagnóstico P3.7 Procedimentos Metodológicos. para Elaboração do Plano de Secas	- Planos de RH (Diagnóstico, Prognóstico e Plano de Ações) de cada RH citada estão disponíveis no site da COGERH para download. - Realização das Oficinas “Iniciando o Diálogo”, “Sementes do Futuro” e “Workshop de estratégias e Ações” - realizadas em todas as RH citadas. - Atas de audiências públicas, listas de presença, Fotos. - Boletim Informativo

Quadro 2 continuação - Atividades e Evidências de Entregas: Projetos em Andamento

Projeto	Entregas	Evidências das entregas
P4. Gerenciamento de risco, alocação e operação do sistema de recursos hídricos - ALOCAR	P4.1 - Elaborar o histórico da alocação de água no Ceará P4.2 - Diagnóstico da Alocação Negociada de Água P4.3 - Cálculo das Afluências aos Reservatórios Estratégicos do Ceará: Definição das Vazões Oficiais P4.4 - Mapear os conflitos e a estratégia atual para gerenciamento destes em cada região hidrográfica P4.5 - Desenvolver um estudo hidrológico das incertezas do regime fluvial P4.6 - Analisar o arcabouço legal-institucional e identificar possibilidades de aprimoramento da alocação de água	Livro "HISTÓRICO DA ALOCAÇÃO NEGOCIADA DE ÁGUA NO CEARÁ"
P5. Capacidade de Suporte do Açude Castanhão	P5.1. Banco de dados hidrológicos, de qualidade da água e de sedimento do açude P5.2. Ferramenta computacional para simulação da dinâmica do fósforo no Castanhão	Realização do 1o. seminário do projeto em Jaguaribara/CE (19/08/2022)

Conforme é possível observar, o programa Cientista Chefe de Recursos Hídricos produz diversos avanços científicos e técnicos que podem e vem sendo, a partir das entregas já realizadas, diretamente aplicados pelos tomadores de decisão em recursos hídricos no Estado do Ceará, acerca de temas pertinentes a um desenvolvimento econômico sustentável com segurança hídrica, e contempla os diversos complexos aspectos decorrentes das incertezas derivadas de potenciais cenários futuros de precipitações e vazões gerados pelas mudanças climáticas e outros fatores.

Objetivos

Como objetivo geral do projeto tem-se: Conectar a ciência e a pesquisa com as necessidades da Política de Recursos Hídricos do Estado e promover a interação estratégica Academia-Governo-Indústria em uma Tríplice Hélice. Como objetivos específicos podem ser citados:

- Identificar os principais problemas tecnológicos atuais (oferta, demanda e conflitos);

- Prospectar soluções identificando possibilidade de inovação com tecnologia já existente ou propor estratégia de pesquisa e desenvolvimento para a construção destas soluções que possam produzir inovações;

- Identificar mudanças tecnológicas disruptivas que modifiquem o contexto tecnológico da gestão de recursos hídricos e que possam vir a ser desafios ou oportunidades para a gestão e traçar estratégia de adaptação do sistema a estas novas tecnologias.

Principais Resultados

Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da SRH: Demandas Tecnológicas

O primeiro projeto desenvolvido no Cientista Chefe de Recursos Hídricos foi o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Secretaria de Recursos Hídricos. O Plano CT&I formula a demanda de inovação das organizações do setor de recursos hídricos em termos precisos, sob a forma de projeto de pesquisa aplicada com transferência de tecnologia e/ou projeto de inovação. O plano foi desenvolvido em parceria com COGERH, FUNCEME, CAGECE e SOHIDRA, e é parte integrante do Planejamento de Recursos Hídricos do Estado e de seu Plano Estadual de Recursos Hídricos.

A principal entrega deste projeto foi o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Secretaria de Recursos Hídricos por meio de um relatório técnico (https://www.srh.ce.gov.br/plano-elaborado-pela-funcap-reune-demandas-tecnologicas-dos-recursos-hidricos/). Ademais, neste relatório está prevista a criação do Centro de Águas, que já consta com parceria firmada entre o Governo do Estado e a Universidade Federal do Ceará.

Otimização do Sistema de Abastecimento de Fortaleza e Incorporação das Fontes Alternativas

A escassez hídrica é um importante fator de restrição do desenvolvimento (Bai et al., 2021), cabendo à política e gestão hídrica o desafio de ofertar, aos diferentes stakeholders, o suprimento de água para atender às necessidades da vida social (Rey et al., 2019). Nesse sentido, a diversificação da matriz de abastecimento dos centros urbanos surge como uma estratégia para vencer o desafio da garantia da segurança hídrica. Diversificar significa não somente aumentar a oferta hídrica, mas, também proporcionar um campo de oportunidades para o desenvolvimento de novas cadeias produtivas ligadas ao setor de recursos hídricos e a possibilitar a democratização do acesso à água. Partindo dessa premissa, o projeto "Otimização do Sistema de Abastecimento de Fortaleza e incorporação das fontes alternativas" buscou avaliar a expansão da matriz de abastecimento do Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Fortaleza (SIAA), abastecido pelas Estações de Tratamento de Água (ETA) Gavião e Oeste.

O planejamento da expansão do SIAA-Fortaleza para os próximos 30 anos foi formulado como um problema de otimização, no qual se deseja minimizar os custos associados a esse processo, tanto de instalação, operação e manutenção das fontes, quanto da falha de abastecimento.

As seguintes fontes hídricas não-convencionais foram consideradas: (i) dessalinização, (ii) reuso de efluentes tratados para uso industrial, (iii) transferência hídrica a partir do Rio São Francisco, e (v) reuso de águas cinzas no lote. A partir de então, foram analisados o perfil de consumo dos quatro maiores demandantes do SIAA (Fortaleza, Caucaia, Maracanaú e Eusébio) no que diz respeito aos segmentos residencial, comercial, industrial e público, analisados por 125 setores comerciais ao todo.

Para isso, o projeto foi desenvolvido por meio de dez estudos técnicos: finalizado com a entrega de onze relatórios técnicos (que constam como entregas do projeto): 1) Análise das demandas atuais; 2) Estimativa das demandas hídricas futuras; 3) Projeção e cenário das perdas de água; 4) Estimativa e análise dos custos das diferentes fontes hídricas; 5) Análise da capacidade instalada da ETA; 6) Análise da ampliação da rede de distribuição; 7) Estudos hidrológicos; 8) Mudança do clima; 9) Operação e simulação do São Francisco - Jaguaribe - Metropolitano; 10) Modelo de otimização e; 11) Programação das intervenções e análise de riscos.

Gerenciamento de Risco, Alocação e Operação do Sistema de Recursos Hídricos - ALOCAR

Os desafios de se gerenciar um recurso fundamental de domínio público como a água se mostram ainda maiores em um estado que se encontra predominantemente na região semiárida. Além do volume de chuvas baixo e irregular, problemas como eutrofização e salinização das águas em decorrência da poluição, cheias urbanas, condições hidrogeológicas desfavoráveis, elevado custo de disponibilização do recurso hídrico e, ainda, conflitos entre atores que muitas vezes possuem interesses contraditórios no que se refere ao uso da água também compõem o conjunto de questões a serem levadas em consideração na gestão de recursos hídricos.

O Projeto ALOCAR é um projeto multidisciplinar ou transdisciplinar envolvendo profissionais de diversas áreas, entre elas: Agronomia, Antropologia, Ciências da Computação, Ciências Políticas, Economia, Engenharia, Física, Meteorologia e Sociologia. A construção coletiva deste projeto por profissionais com formações tão diferentes é uma relevante conquista deste projeto. Tendo como objetivo dimensionar as vulnerabilidades do processo de alocação de água e construir uma base conceitual que subsidie a normatização da alocação negociada da água. A noção de alocação negociada da água se difere da Outorga, uma vez que a primeira tem um caráter muito mais inclusivo ao abrigar a participação pública. Assim, se antes a tomada de decisão sobre o uso da água era concentrada na equipe técnica dos órgãos governamentais, hoje o entendimento é de que todos os interessados devem ser ouvidos e participar do processo de tomada de decisão. Com a política de alocação negociada da água ainda na primeira metade da década de 1990, o Ceará

acabou por antecipar ao seu modo o lema de não deixar ninguém para trás, preconizado pela Agenda 2030 (ONU, 2015).

O projeto já realizou diversos grupos focais, observação participante e realização de entrevistas com pessoas que não puderam estar presentes em outros momentos. Concomitantemente, também são realizados encontros mensais para discussão dos principais aspectos de gestão dos recursos hídricos do Estado, garantindo um debate com participação ampla de todos os interessados. Dentre os principais resultados do Projeto Aloca, destacam-se: elaboração de relatórios sobre o histórico de alocação da água no Ceará; sobre diagnóstico e análise da alocação negociada de água em cada região hidrográfica; mapeamento de conflitos e estratégia de gestão destes; estudos hidrológicos das incertezas do regime fluvial; cálculo das afluências aos reservatórios estratégicos do Ceará: definição das vazões oficiais; operação dos hidrossistemas; sobre o arcabouço legal-institucional; de análise dos instrumentos de gestão; avaliação dos riscos e incertezas na alocação; de proposição de estratégias para alocação de água.

Importante também ressaltar que há grande sinergia entre o Projeto ALOCAR e os outros projetos do Cientista Chefe de Recursos Hídricos em andamento, podendo ser citado "DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS DE GESTÃO PARA O PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ: SEGURANÇA HÍDRICA E PLANEJAMENTO DE SECAS", onde há utilização de resultados, informações, metodologias e avanços deste projeto para o seu desenvolvimento.

Desenvolvimento de Ferramentas Tecnológicas de Gestão para o Planejamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará Segurança Hídrica e Planejamento de Secas

O projeto Planejamento de Regiões Hidrográficas e de Secas corresponde aos esforços do Estado do Ceará na direção da segurança hídrica, tendo como objetivo definir ações que mitiguem o impacto das secas no Estado, em consonância com os processos e espaços de participação social estabelecidos na alocação negociada de água já existentes. Esse projeto busca produzir resultados em dois âmbitos: os Planos de Bacias, referentes a cada região hidrográfica, e os Planos de Seca, referentes às regiões hidrográficas e a hidrossistemas estrategicamente escolhidos.

O Plano de Bacias busca elaborar estratégias para o gerenciamento hídrico visando o médio e o longo prazo, sendo executado continuamente durante seu horizonte de aplicação. Já o Plano de Secas objetiva desenvolver um plano operacional de curto prazo, considerando apenas a infraestrutura existente, e sua aplicação ocorre durante os períodos de escassez.

No desenvolvimento dos Planos de Recursos Hídricos de Regiões Hidrográficas, iniciados em 2021, foi criada uma metodologia inovadora em parceria com a COGERH (Figura 1). Na metodologia desenvolvida há uma participação ativa de todos os atores relevantes da região hidrográfica. Mesmo durante a pandemia, houve plena participação da equipe e dos comitês de bacias (Figura 2 - ANEXO).

Foram entregues os Planos de Recursos Hídricos para as Regiões Hidrográficas (Diagnóstico, Prognóstico e Plano de Ações) para o Curu, Coreaú, Sertões de Crateús, Serra da Ibiapaba e Litoral. O volume de diagnóstico (entrega parcial) foi desenvolvido para as Regiões Hidrográficas: Acaraú, Banabuiú, Salgado e Alto Jaguaribe (os planos podem ser consultados em:
https://aguacientistachefe.ufc.br/pt/resultados-relatorios/).

O Plano de Secas teve seu desenvolvimento iniciado em 2022. Este projeto traz inovações por ser o primeiro plano de secas com escala de hidrossistemas e regiões hidrográficas a ser aplicado em todo o Estado, fazendo com que, mais uma vez, o Ceará seja pioneiro na gestão proativa de secas e se torne referência no Brasil. Foi elaborada uma metodologia, em parceria com as instituições que fazem parte do Sistema SRH, um manual que servirá de guia para o desenvolvimento dos planos de secas no Estado.

Capacidade de Suporte do Açude Castanhão

O monitoramento dos açudes é uma das principais ações a serem tomadas para que haja uma efetiva gestão dos recursos hídricos, sobretudo em regiões semiáridas. Além do aporte e volume do reservatório, a preocupação com a qualidade da água é uma questão central para garantir uma adequada segurança hídrica. Buscando desenvolver uma ferramenta computacional para avaliar a capacidade de suporte do açude Castanhão, bem como investigar o impacto de diferentes medidas de remediação do estado trófico deste açude, o projeto Capacidade de Suporte do Açude Castanhão, desponta hoje como uma ação estratégica para a manutenção do mais importante reservatório de água do Ceará.

Além dessas entregas, a execução deste projeto permitirá conhecer os limites de carga de fósforo no açude no presente momento para que posteriormente se possa determinar qual o impacto da transposição das águas do Rio São Francisco na qualidade da água do Castanhão. Uma vez consolidado o modelo computacional de monitoramento, outros 153 açudes gerenciados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) deverão ser diretamente beneficiados com essa nova ferramenta, gerando ganhos exponenciais para o Estado a partir deste projeto piloto.

Outras Contribuições do Projeto

Uma das primeiras contribuições geradas pelo Cientista Chefe de Recursos Hídricos foi por meio do Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da SRH foi identificada a possibilidade de criação do Centro de Águas. A Universidade Federal do Ceará e o Governo do Ceará firmaram uma parceria com a assinatura da portaria que estabelece a criação de um grupo de trabalho que planejará a criação de um "Centro de Águas". Esse organismo se empenhará no desenvolvimento da cadeia produtiva dos recursos hídricos. As seguintes instituições assinaram a portaria: Universidade Federal do Ceará, Secretaria dos Recursos Hídricos do Governo do

Estado do Ceará, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) (http://saladeimprensa.ceara.gov.br/todospelaagua/?p=33095).

Outra importante contribuição é a parceria gerada com instituições nacionais e internacionais. Destacam-se as parcerias com as seguintes universidades internacionais: Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB) - Alemanha; Autonomous University of Entre Rios – Argentina; University of North Carolina – EUA; Columbia University – EUA; University of Georgia – EUA; University of New Hampshire – EUA; Universitat Politécnica de Valencia – Espanha.

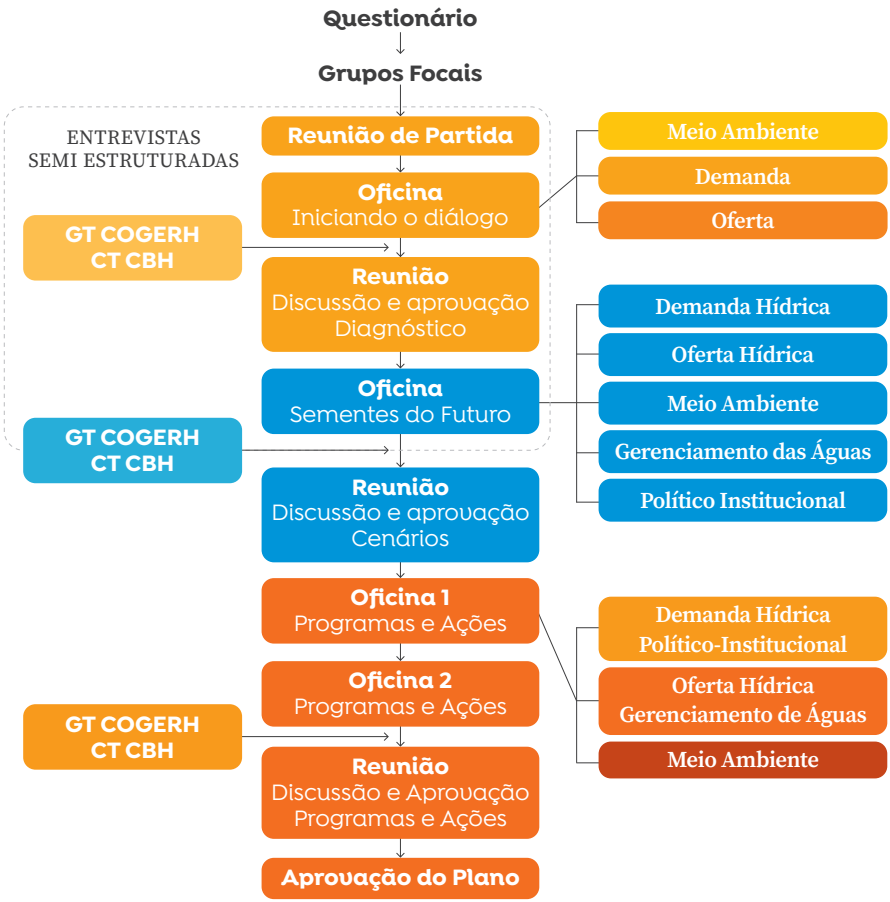


Figura 1: Metodologia para desenvolvimento dos Planos de Regiões Hidrográficas. Fonte: elaborado pelos autores.

Premiações são importantes contribuições que ressaltam a importância no meio técnico/científico. Através dos resultados do projeto Otimização do Sistema de Abastecimento de Fortaleza e incorporação das fontes alternativas foi desenvolvido o trabalho "Modelagem dinâmica espacial aplicada à previsão da demanda hídrica" premiado com o 1º lugar do Prêmio Jovem Pesquisador (2021) da Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

Cabe ainda ressaltar que os resultados do Cientista Chefe Recursos Hídricos apresentam interface direta com outros projetos do Cientista Chefe do Estado, como o de Agricultura, onde os dados e planejamento das regiões hídricas do estado tem importância direta na irrigação. Ademais, uma parceira para o estudo dos efeitos das mudanças climáticas nos pavimentos da Região Metropolitana de Fortaleza foi realizada junto ao Cientista Chefe de Infraestrutura Viária.

Informações detalhadas sobre o projeto podem ser encontradas em:
https://aguacientistachefe.ufc.br/

Referências bibliográficas

BAI, X., et al. Modeling long-term soil water dynamics in response to land-use change in a semi-arid area. Journal of Hydrology. 2020, 585, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124824

ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: https://nacoesunidas.org/wpcontent/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf

REY, D., PÉREZ-BLANCO, C. D., ESCRIVA-BOU, A., GIRARD, C., & VELDKAMP, T. I. ,2019. Role of economic instruments in water allocation reform: lessons from Europe. International Journal of Water Resources Development, 35(2), 206-239

Ciência de Dados para a Análise Microdinâmica da Economia e para o Enfrentamento da COVID-19 no Estado do Ceará

José Soares de Andrade Junior

Colaboradores
Humberto A. Carmona
Rilder S. Pires
Saulo D. S. Reis
César M. Vieira
César I. N. Sampaio Filho

RESUMO

O projeto intitulado "Projeto Cientista Chefe de Dados para o IPECE", financiado pela FUNCAP no âmbito do Programa Cientista Chefe, tem como objetivo geral implementar as ações do Centro de Análise de Dados e Avaliação de Políticas Públicas (CAPP) do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), principalmente no campo da análise de big data, visando fornecer ao Governo do Estado indicadores quantitativos que possibilitem o desenvolvimento de estratégias para promover a inovação e construir políticas públicas que otimizem os seus recursos naturais e econômicos. Neste contexto, o grupo de pesquisa associado ao Projeto Cientista Chefe de Dados para o IPECE vinha e continua sistematicamente trabalhando na análise da enorme base de dados das notas fiscais eletrônicas (NF-e's) emitidas no Estado do Ceará.Com o surgimento da pandemia COVID-19, o referido grupo de pesquisa atuou no sentido de produzir projeções e cenários epidemiológicos, com base em aprendizado de máquina aplicado a modelos fenomenológicos para a epidemia, ajudando efetivamente a nortear as ações e intervenções do Estado no monitoramento e combate à propagação da doença. O mesmo grupo de pesquisa participou do desenvolvimento e da implementação de técnicas e algoritmos de rastreamento digital de contatos contagiosos, os quais permitiram a avaliação com sucesso da transmissão da COVID-19 no transporte público do município de Fortaleza, bem como a identificação dos indivíduos e locais que constituíram os núcleos "superpropagadores" da doença no Estado do Ceará, ou seja, núcleos responsáveis pela manutenção e resiliência da transmissão viral.

Introdução

Em 27 de dezembro de 2019, um hospital de Wuhan, capital da província de Hubei, na China, notificou o centro de controle e prevenção de doenças do governo local sobre a ocorrência de vários casos de uma pneumonia atípica e desconhecida. Tal pneumonia foi imediatamente reconhecida como uma Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG). Em 2 de janeiro de 2020, uma nova variante de Corona vírus, hoje conhecida como SARS-CoV-2, foi então confirmada. Entre as primeiras pessoas hospitalizadas em Wuhan, observou-se que a maioria esteve recentemente no mercado atacadista de peixes Huanan (MAXMEN, 2022; WOROBEY et al., 2022).

Em 11 de março de 2020, a pandemia de COVID-19, também conhecida como pandemia do coronavírus ou COVID-19, foi decretada pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Até 27 de outubro de 2022, mais de 6.590.000 pessoas morreram de COVID-19 no mundo, sendo mais de 687,900 no Brasil, incluindo mais de 27,900 no estado do Ceará (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022). Ainda em março de 2020, através do decreto número 33.510 de 16/03/2020, o Governador do Estado do Ceará, Camilo Santana, anunciou o estado de emergência em saúde no Ceará em decorrência do avanço da pandemia do novo coronavírus COVID-19. Em 19 de março de 2020, considerando o então crescente aumento do número de casos de pessoas infectadas pelo novo coronavírus, o Governo do Estado passou a intensificar as medidas de contenção através do decreto número 33.519, onde estabeleceu medidas não farmacológicas de distanciamento e isolamento social. Finalmente, através do decreto 33574 de 05/05/2020, o Governo do Estado impôs o regime altamente restritivo de lockdown para a população do Ceará em geral, com exceção dos trabalhadores essenciais, incluindo os profissionais de saúde atuando na linha de frente para o tratamento da doença.

Naquele momento, os pesquisadores Humberto de Andrade Carmona, Saulo Davi Soares e Reis, Cesar Ivan Nunes Sampaio Filho, todos professores do Departamento de Física da UFC, e Rilder de Sousa Pires, professor do Departamento de Computação da UNIFOR, liderados por José Soares de Andrade Jr., também professor do Departamento de Física da UFC, integravam a equipe para o desenvolvimento do "Projeto Cientista Chefe de Dados para o IPECE", no âmbito do Programa Cientista Chefe, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Ceará (FUNCAP). Neste ponto, faremos uma pausa, antes de relatarmos a nossa atuação acerca da análise de dados e monitoramento da epidemia, para retornarmos no tempo e descrever de maneira sucinta, a origem, as diretrizes iniciais e alguns resultados preliminares, porém relevantes, que já haviam sido obtidos e que nortearam de maneira inconteste a formatação e a implementação do nosso projeto de Cientista Chefe.

O Estado do Ceará, no âmbito de suas diversas Secretarias de Governo, outras instituições e entidades públicas, possui uma quantidade enorme de dados digitalizados e armazenados em bancos de dados de naturezas distintas.

Evidentemente, o aumento da quantidade de informação disponível deve caminhar conjuntamente com o desenvolvimento de ferramentas inovadoras de análise sistêmicas que sejam capazes de caracterizar estatisticamente estes dados e as correlações existentes entre eles no tempo e no espaço. Foi nesse sentido que o Governo do Estado do Ceará em 2018, através da FUNCAP e da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão (SEPLAG), tomou a decisão de implementar o Projeto Cientista Chefe de Dados para o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), o qual resultou na criação e fundamentação do Centro de Análise de Dados e Avaliação de Políticas Públicas (CAPP). O CAPP tem como função, portanto, fornecer ao Governo indicadores quantitativos que possibilitem o desenvolvimento de estratégias para promover a Inovação Social e Econômica, ou seja, construir políticas públicas inovadoras que otimizem os seus recursos naturais e econômicos. Desde a criação do CAPP, antes da eclosão da Pandemia COVID-19 até o presente momento, ressalta-se como exemplo importante de atividade de pesquisa desenvolvido no CAPP pelo nosso grupo, a análise da enorme base de dados (big data) das notas fiscais eletrônicas (NF-e's) emitidas no Estado do Ceará (ver Figura 1).

Com informações acerca de mais de 6 bilhões de NF-e's emitidas no estado a partir de 2010, foram desenvolvidas técnicas de "garimpagem" e análise de dados, envolvendo desde aprendizagem de máquina a conceitos associados às áreas de Física Estatística, Física Computacional e Sistemas Complexos para investigar a nível microscópico, ou seja, na escala das transações comerciais elementares entre empresas, a dinâmica em tempo e espaço da economia do Estado. Vale ressaltar o emprego de redes complexas de sítios e conexões entre diferentes setores econômicos para a identificação de setores-chave na economia do Estado, as análises de complexidade econômica para as bacias de importação, exportação e comércio interno no estado entre os municípios cearenses, o emprego de aprendizado de máquina para caracterizar a "coesividade" dessas estruturas, e o desenvolvimento de uma metodologia não-paramétrica e não-monetária, capaz de identificar a potencial diversificação do comércio externo ao Ceará, nacional e internacional, dos seus municípios.

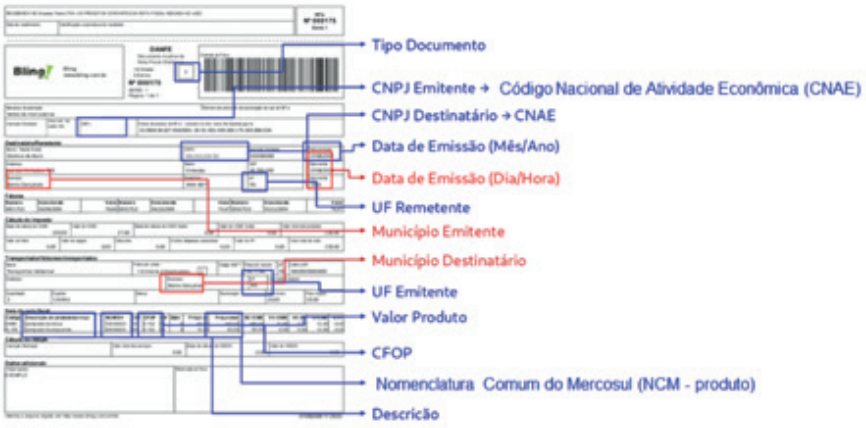


Figura 1: Um exemplo típico de um documento auxiliar da nota fiscal eletrônica (NF-e) emitida no Ceará.
Fonte: Produzido pelos autores.

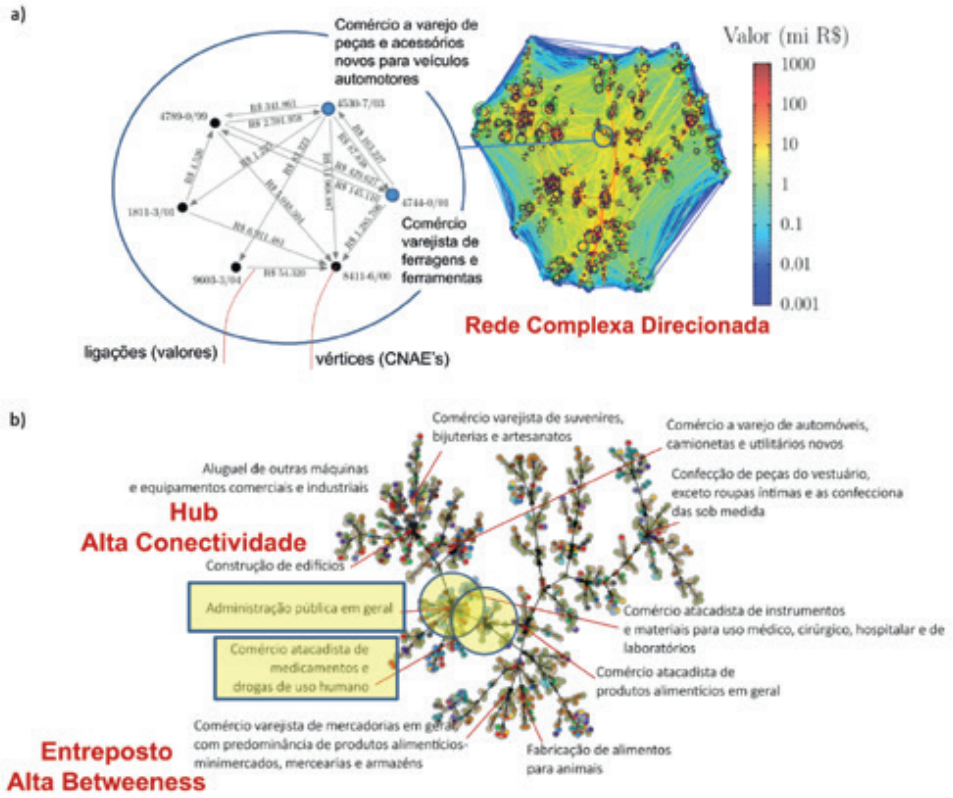


Figura 2: A rede de CNAES. (a) Cada sítio corresponde a um CNAE, ou seja, acumula-se todas as transações de venda ou compra por todas as empresas com um dado CNAE durante o período de interesse (nesse exemplo o ano de 2013). Dois sítios são ligados por uma conexão direcionada (dos vendedores para os compradores), com peso dado pelo valor total das transações entre esses CNAEs no período de interesse. (b) A rede de CNAEs é filtrada empregando a técnica de "maximum spanning tree", mantendo apenas as conexões de maior peso, porém mantendo uma estrutura de rede com todos os sítios presentes e conectados. Essa ferramenta permite encontrar comunidades e os sítios principais, denominados "hubs", como os CNAEs de comércio atacadista de medicamentos e construção de edifícios, que desempenham papel importante na rede. Fonte: Produzido pelos autores.

Como exemplos de trabalhos que desenvolvemos empregando a base de dados das NF-e's, destacamos aqui a construção de uma rede complexa envolvendo as transações comerciais de compra e venda entre diferentes atividades econômicas, caracterizadas pelo Código Nacional de Atividades Econômica (CNAE), como mostrado e descrito na Figura 2, e a metodologia que implementamos no sentido de precificar os trechos de rodovias no Estado do Ceará em termos do tráfego ponderado das suas potenciais movimentações financeiras, tal como está detalhado na Figura 3.

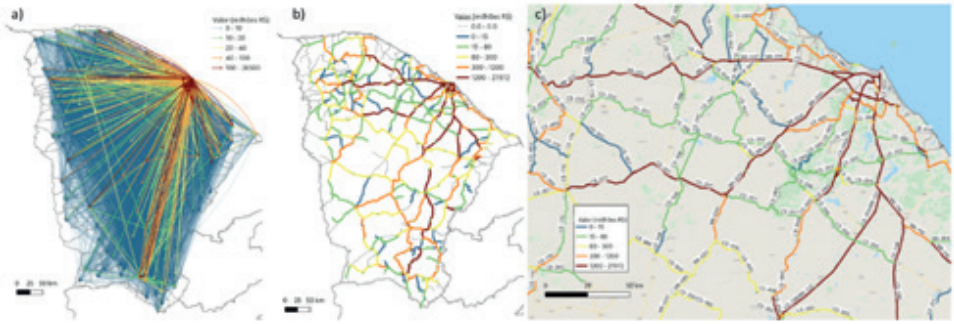


Figura 3: Precificação das estradas do Ceará. Partindo da suposição de que quanto mais comércio existe entre dois municípios, maior será o fluxo de mercadorias sendo transportadas pelas estradas que os conectam, podemos usar a Rede de Valores entre Municípios apresentada em a), juntamente com outra base de dados que contém o mapeamento de todas as estradas estaduais e federais no Estado do Ceará. A partir do cruzamento desses dados, podemos então desenvolver um modelo que atribui importância econômica a todos os trechos dessas estradas. O modelo se baseia em aplicar o algoritmo de Dijsktra (NEWMAN, 2010) para encontrar o menor caminho entre a origem e o destino dessa ligação. Tendo feito isso, somamos sistematicamente a todos os elementos (trechos) desse caminho uma variável *w* que quantifica a importância de cada um deles com relação ao par de municípios em questão. Para exemplificar, decidimos simplesmente identificar a variável *w* como sendo o total de recursos acumulados das transações financeiras entre dois municípios, ou seja, os próprios pesos das ligações da Rede de Valores. O modelo de precificação das estradas consiste em repetir esse procedimento para todos os pares de origem-destino na Rede de Valores entre municípios, acumulando os valores de *w* para cada trecho, toda vez que ele é identificado como elemento integrante de um menor caminho. Fonte: Produzido pelos autores.

A partir desse ponto e no restante desse trabalho, nas seções que seguem, retomaremos o relato das atividades e esforços da equipe do Projeto Cientista Chefe para o IPECE no sentido de colaborar com o Governo do Estado do Ceará no enfrentamento da pandemia de COVID-19. Mais precisamente, uma vez decretada a emergência na saúde, o nosso grupo de pesquisa tomou como foco principal de suas atividades a análise dos dados relacionados à pandemia do novo Corona vírus COVID-19, provenientes da Secretaria da Saúde do Ceará, bem como o desenvolvimento de modelos computacionais fenomenológicos e técnicas de inferência e rastreamento digital para monitorar a evolução da epidemia no Estado, em suas macrorregiões de saúde e em seus municípios. Os resultados dessas atividades e os modelos desenvolvidos foram, desde então, fundamentais para a avaliação e o direcionamento das medidas de contenção da doença. Vale ressaltar que o coordenador do projeto, Prof. José Soares de Andrade Jr., atuou desde 2020 como membro do Comitê Deliberativo Estadual de Enfrentamento à Pandemia.

O modelo SEIIR para Descrever a Evolução da Pandemia COVID-19 no Ceará

Entre as abordagens mais utilizadas para monitorar e mesmo prever o avanço rápido do COVID-19 na população, os modelos compartimentais fenomenológico, baseados em equações dinâmicas, são os mais utilizados (HETHCOTE, 2000; PASTOR-SATORRAS et al., 2015). Esses modelos se encaixam na classe de Teoria de Campo Médio (TCM), na qual as interações entre cada indivíduo com todos os outros indivíduos em um sistema tão complexo como a sociedade, são aproximados por uma interação média ou efetiva. Apesar dessa aproximação, os modelos

compartimentais fornecem informações importantes para o controle da epidemia, como o número de reprodução efetivo, R_t, o qual será definido mais adiante.

Esses modelos são normalmente concebidos dividindo-se a população em compartimentos baseados no estágio de transmissão e evolução da doença nos indivíduos em cada um deles (HETHCOTE H.W, 1989). Em um dos modelos mais utilizados, conhecido como SEIR (TANG et al., 2020), a população é dividida nas seguintes classes: a classe dos suscetíveis (S), que corresponde à fração da população que ainda não teve contato com o agente patogênico; a dos expostos (E), que inclui a fração da população que já teve contato com o vírus, mas está no período de incubação; a classe dos infectados (I), que abrange a fração da população que, passado o período de incubação, transmite a doença; e, finalmente, o compartimento dos removidos (R), que corresponde à fração da população com indivíduos que se imunizaram, tendo se recuperado da infecção ou ido a óbito.

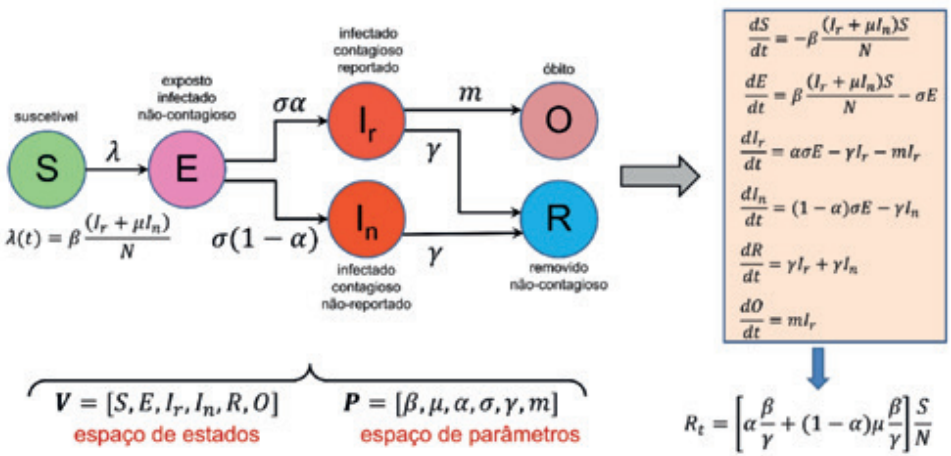


Figura 4: Representação do modelo SEIIR. Matematicamente o modelo SEIIR é expresso pelo sistema de equações diferenciais ordinárias, acopladas e não-lineares descritas no topo à direita. A população total, $N=S+E+I_r+I_n+R+O$, é constante. Um parâmetro importante nos modelos epidemiológicos compartimentalizados é o número de reprodução efetivo, R_t, cuja expressão abaixo à direita corresponde ao número médio de pessoas contaminada por cada pessoa infectada. Fonte: Produzido pelos autores.

O modelo utilizado nesse trabalho é uma variação do modelo SEIR que leva em consideração a população de indivíduos com infecções não-reportadas (LI et al., 2020b). Para tanto, como mostra a Figura 4, a população infecciosa é dividida em duas classes: a primeira corresponde à população que desenvolveu sintomas e teve a infecção por COVID-19 confirmada pelo sistema de saúde, que rotulamos de população infectada reportada, I_r e a segunda classe compreende principalmente os indivíduos assintomáticos, (ou que não tiveram a infecção COVID-19 confirmada pelo sistema de saúde), que rotulamos como população infectada não-reportada, I_n.

Sendo β a taxa de transmissão para a população infectada reportada I_r, a suposição empregada no modelo é de que a taxa de transmissão para os indivíduos assintomáticos é reduzida por um fator de μ. Desta forma, a taxa dependente do tempo em que os indivíduos suscetíveis ficam expostos a infecções do COVID-19

nesse modelo é dada por, $\lambda(t) = \beta\frac{\left(I_r+\mu I_n\right)}{N}$ onde N é a população total, considerada

aqui como sendo constante. Uma fração α da população é considerada infecciosa a uma taxa δ e a fração complementar (1- α) evolui para infectados não-reportados com a mesma taxa. Supõe-se também que ambas as populações infecciosas se tornam parte da população removida na mesma taxa γ. Para comparar o modelo com os dados disponíveis sobre o número diário de óbitos, também monitoramos a fração m da população infecciosa reportada removida que evolui para óbito, de modo que a população falecida reportada O aumenta a uma taxa $m\,I_r$.

As equações apresentadas na Figura 4 são não lineares, pois $\lambda = \beta\frac{\left(I_r+\mu I_n\right)}{(S+E+I_r+I_n+R+O)}$

depende de todas as variáveis do sistema. No entanto, essas equações acopladas podem, em princípio, ser resolvidas numericamente uma vez conhecido o estado

do sistema $V = \left[S, E, I_r, I_n, R, O\right]$ em um dado tempo. Apesar de ser possível em muitos

problemas científicos, realizar medidas experimentais para determinar o estado de um sistema, esse não é o caso do modelo SEIIR. Medir todas as populações para determinar V para um país, estado ou cidade é, na prática, impossível. Junte-se a esse problema o fato de que os parâmetros P =[β, μ, α, σ, γ, m] contidos nas equações diferenciais, que são valores médios em TCM, são em geral desconhecidos, e podem variar no tempo como consequência, por exemplo, da adoção de medidas protetivas. Nesses casos ainda, podemos estimar a evolução da epidemia utilizando um Filtro de Kalman Iterativo (IKF) (HERBST; SCHORFHEIDE, 2019; IONIDES; BRETÓ; KING, 2006; LI et al., 2020b). O filtro de Kalman é um algoritmo que permite a utilização de medidas parciais e indiretas $O(t)=M(V)$ para determinar os parâmetros e as variáveis de um sistema dinâmico, uma vez conhecida a equação que modela a sua evolução dinâmica, no caso a Equação (9). Aqui $M(V)$ é um modelo de medição que converte variáveis do sistema em variáveis observáveis. A ideia em si é simples. Parte-se de um estado inicial V_{t-1} estimado no tempo $(t-1)$, que satisfaça o vínculo $N=S+E+I_r+I_n+R+O$.

Além disso, utiliza-se um conjunto de parâmetros iniciais P_{t-1}. Esses valores são utilizados para se obter uma estimativa, V_t^-, utilizando as equações dinâmicas do modelo (ver Fig. 4), e a matriz de covariância $\sum$, relacionada aos erros nas populações iniciais e parâmetros do modelo.

Com essa estimativa podemos determinar as previsões do modelo para as observações parciais ou indiretas $O_t = M\left(V_t^-\right)$.

Ajusta-se então as estimativas dos estados e parâmetros iniciais para maximizar a probabilidade de que as previsões estejam corretas (estimativa de verossimilhança, MLE), normalmente minimizando algum funcional da diferença entre os

observáveis estimados e as observações, $F\left(\left|O(t) - O_t\right|\right)$.

A forma como a estimativa de máxima verossimilhança é implementada nesse trabalho corresponde a um processo iterativo no qual centenas de estimativas são geradas (cada uma poderia ser interpretada como uma partícula com coordenadas e parâmetros próprios) e filtradas para que levem às melhores previsões (HERBST; SCHORFHEIDE, 2019; IONIDES; BRETÓ; KING, 2006). No caso da modelagem e acompanhamento da epidemia de COVID-19 no Ceará, os dados observáveis foram obtidos da plataforma IntegraSUS, que fornece diariamente dados relacionados aos casos notificados como infecção por coronavírus no Ceará. Esses dados contêm informações anonimizadas de todos os pacientes notificados, como idade e município de residência. Antes de serem utilizados, esses dados devem ser filtrados e pré-processados, visto que certos campos, como, por exemplo, município e estado de residência do paciente, são de preenchimento livre na plataforma. Após tratamento, obtemos o número de casos confirmados e número de óbitos confirmados necessários para alimentar o modelo epidemiológico SEIIR, como descrito na Figura 4.

Nesse caso, a variável de medição é simplesmente $M\left(V_t\right) = \sum_{i=1}^{t} o_i$ ou seja, o

número acumulado de óbitos O, como mostra a Figura 5. A Figura 6 mostra resultados do modelo epidemiológico SEIIR para o município de Fortaleza no início da pandemia. Os pontos correspondem aos dados observados e as linhas tracejadas verdes correspondem aos dados do modelo SEIIR.

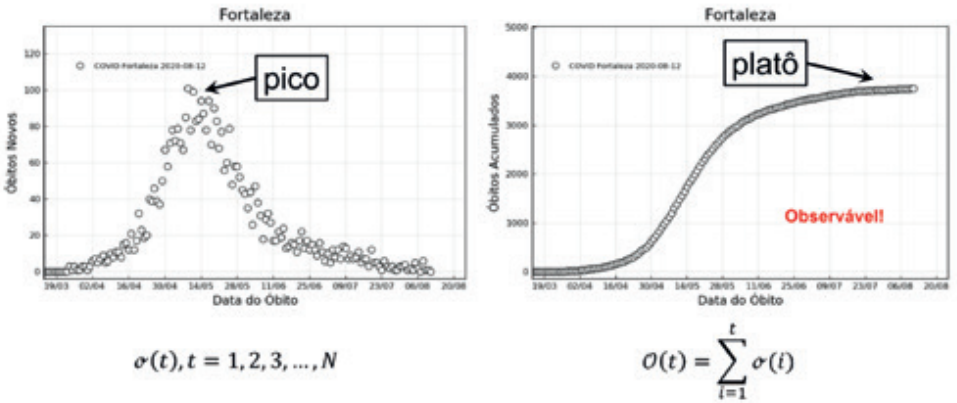


Figura 5: Dados observáveis: óbitos confirmados por COVID-19, por data do óbito, para a cidade de Fortaleza, entre 19 de março e 13 de outubro de 2020. A curva da direita corresponde à versão acumulada da variável representada na esquerda. Fonte: Produzido pelos autores.

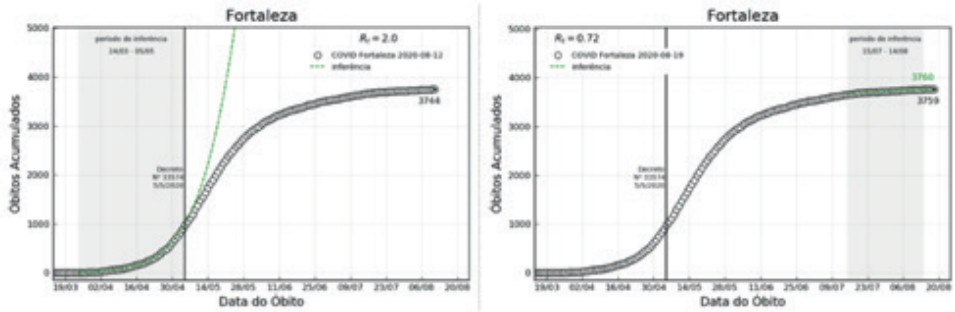


Figura 6: Resultado do modelo de inferência no início da pandemia em Fortaleza. Número acumulado de óbitos confirmados por COVID-19 na cidade de Fortaleza de 19 de março a 13 de outubro de 2020. As regiões sombreadas correspondem aos "períodos de inferência", cujos dados foram utilizados para inferir as variáveis e parâmetros da epidemia. As linhas verdes tracejadas correspondem ao resultado do modelo SEIIR. Fonte: Produzido pelos autores.

Podemos observar que no período inicial o número de reprodução efetivo estimado pelo modelo foi $R_t \approx 2{,}0$, o que corresponde à situação em que cada infectado transmite a doença de forma fatal para dois suscetíveis, levando a um aumento exponencial dos óbitos por COVID-19. No final de julho de 2020 as primeiras medidas de contenção da epidemia já mostraram resultados benéficos e o modelo estimou um número de reprodução efetivo $R_t \approx 2{,}72$.

Nossas análises foram fundamentais para que o Governo do Estado mantivesse e aprimorasse seu pacote de medidas contra a epidemia de COVID-19. A Figura 7 mostra a evolução geral da epidemia por COVID-19 no Estado do Ceará. Até a data 18 de agosto de 2022, mais de 1,318 milhões de pessoas foram infectadas por COVID-19 no Ceará, das quais 27.521 foram a óbito.

Os resultados do modelo SEIIR foram discutidos no Comitê Deliberativo Estadual de Enfrentamento à Pandemia do Coronavírus. Esses resultados permitem concluir que a existência de um período de incubação prolongado e de uma grande população infectada assintomática, I_n, levaram a uma epidemia sem precedentes.

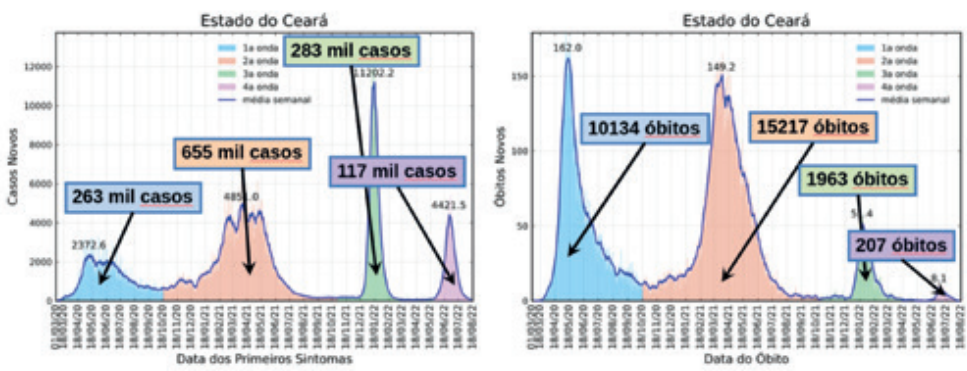


Figura 7: Evolução do número de casos diários confirmados de infecção por COVID-19, de acordo com a data dos primeiros sintomas informados pelos indivíduos. Evolução do número de óbitos diários confirmados por COVID-19 no Estado do Ceará. Podemos identificar quatro ondas de contágio bem definidas até 18 de agosto de 2022. Fonte: Produzido pelos autores.

Rastreamento de Contatos para Avaliar a Transmissão de COVID-19 a partir de Indivíduos Altamente Expostos no Transporte Público

Até agora discutimos o modelo SEIIR como modelo de campo médio. Nessa parte do trabalho investigamos, em colaboração com o grupo de pesquisa do Prof. Vasco Furtado da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e com o Prof. Antônio Silva Lima e seu grupo de pesquisa na Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza, por meio de um modelo de rastreamento de contatos orientado por big data, a transmissão do COVID-19 dentro dos ônibus de transporte público durante fases distintas da pandemia na cidade de Fortaleza. A partir desta abordagem "microscópica", recuperamos as redes de contatos próximos entre indivíduos que compartilham o mesmo transporte em janelas de tempo consecutivas. Uma comparação direta com o modelo SEIIR é feita estendendo os contatos rastreados para o nível do município. Nossos resultados mostraram que o número de reprodução efetivo dentro dos ônibus, Re_t^{bus}, e na cidade, Re_t^{city}, seguem um comportamento compatível durante a primeira onda da pandemia. Além disso, através da diferenciação dos contatos de trabalhadores do serviço de saúde nos ônibus, encontramos que o número de reprodução efetiva associada apenas com esses contatos, Re_t^{health}, foi sistematicamente maior que Re_t^{bus}.

Esse resultado reforça a necessidade de uma ação política de prover transporte público especial para trabalhadores altamente expostos durante uma pandemia. Esse trabalho foi publicado na revista Scientific Reports (PONTE et al., 2021).

Quando nos referimos a uma abordagem "microscópica" imaginamos a cidade com vários indivíduos, cada um em um estágio de contato com a COVID-19. Essas pessoas durante a epidemia, podem sair de um estágio para outro quando entram em contato com uma pessoa infectada, se tornando expostas, conforme ilustrado na Figura 3.8. No caso da COVID 19, após o período típico de incubação da doença (PI), em alguns casos, o indivíduo apresenta os primeiros sintomas. Aqui chamaremos essa dada de *data dos primeiros sintomas (DPS)* conhecida apenas após diagnóstico. O período de duração da infecção por COVID-19 (PD) é de aproximadamente 14 dias. Essa dinâmica pode variar, e aqui utilizamos valores aceitos e empregados amplamente na literatura (HE et al., 2020; PONTE et al., 2021). Durante o PI um indivíduo exposto ao COVID pode transmitir, mas com uma taxa de transmissão bem menor do que quando apresenta sintomas.

Nosso modelo microscópico de transmissão de COVID-19 baseado em rastreamento utiliza dois bancos de dados:

1. Bilhete Único (BU): Cerca de 94% dos passageiros de ônibus em transporte público pagam suas tarifas utilizando o Cartão Bilhete Único. Cada vez que um passageiro utiliza seu cartão é mantido um registro com as seguintes informações: número de identificação do passageiro, número de identificação do ônibus, data e

hora da validação e o tempo estimado da viagem. Esse banco contém 107.488.528 validações no período de estudo, correspondendo a um total de 1.426.569 passageiros.

2) iSUS reprocessado: O mesmo banco de dados do IntegraSUS utilizado no modelo SEIIR, reprocessado pela prefeitura de Fortaleza.

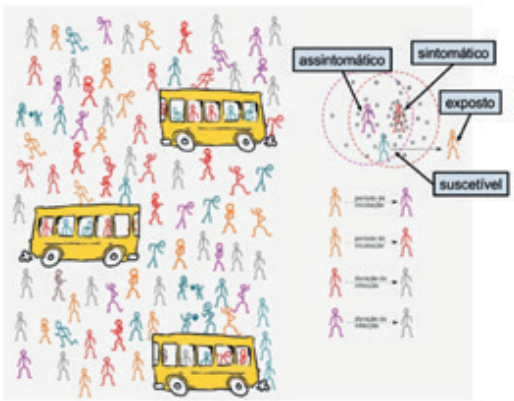


Figura 8: Modelo microscópico de transmissão por COVID-19 nos ônibus. Fonte: Produzido pelos autores.

A partir desses bancos de dados, podemos caracterizar o que denominamos de rastreamento de Contatos Potencialmente Infecciosos (CPI): um passageiro p_i no

período de transmissão (como determinado pelo banco pelo iSUS) compartilha o mesmo ônibus com outro passageiro p_j por um período de duração τ_{ij}, bem como

com outro passageiro p_k por um período τ_{ik}, e assim por diante (conforme

determinado pelo banco BU). Construímos então uma rede complexa *G(V,E)* onde os vértices são os passageiros $V=\{p_1, p_2, p_3, p_4 \ldots p_N\}$ e as ligações $E=\{(p_i p_j, i_j),(p_i p_k, i_k),\ldots\}$

são direcionadas do passageiro transmissor da doença para o que se torna exposto, com probabilidade dependente do peso ij e da taxa de infecção. O processo como um todo é detalhado na referência (PONTE et al., 2021).

Uma vez rastreados os CPI's, o número de reprodução efetivo dentro dos ônibus, Re_t^{bus}, é obtido através do número médio de ligações de saída *(out degree)* nessa rede

dinâmica em uma dada janela de tempo, após um processo de remoção de ligações com pesos τ_{ij} menor que um valor crítico. Tomando apenas os vértices da rede

relacionados a profissionais de saúde (conhecidos a partir do reprocessamento do banco iSUS), computamos o número de reprodução efetivo dentro dos ônibus associado aos profissionais de saúde, Re_t^{health}.

A Figura 9 mostra a evolução temporal dos números de reprodução efetivos Re_t^{bus}, Re_t^{health} e Re_t^{city}, sendo o último calculado com o modelo SEIIR.

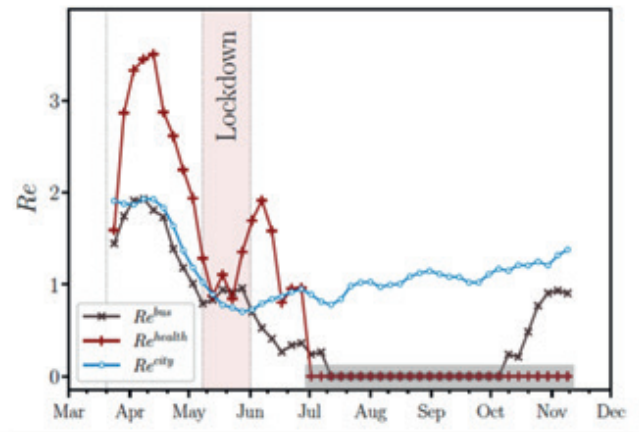


Figura 9: Mesmo definidos em escalas diferentes, os modelos capturam a mesma tendência decrescente associada tanto ao isolamento social quanto aos períodos de bloqueio.

Re_t^{health} foi sistematicamente superior ao Re_t^{bus} no início,

o que revela que os profissionais de saúde tiveram um papel significativo na transmissão dentro dos ônibus durante a primeira onda da COVID-19 em Fortaleza (PONTE et al., 2021). Fonte: Produzido pelos autores.

Até a determinação por decreto do regime de isolamento social, Re_t^{bus} e Re_t^{city} são muito consistentes entre si, enquanto Re_t^{health} é sistematicamente maior. As restrições impostas de isolamento social fizeram com que, nesse período, o uso de transporte público fosse bem menos importante para evolução da pandemia em Fortaleza, o que pode representar a eficácia das ações tomadas pelo governo local. Esse resultado reforça a necessidade de uma ação política de prover transporte público especial para trabalhadores altamente expostos durante a pandemia.

Superpropagadores: Rastreamento de contatos e teoria de redes complexas para impedir a propagação do COVID-19 usando big data de mobilidade humana com geolocalização

No modelo de campo médio SEIIR, a taxa de transmissão leva em consideração duas grandezas, a probabilidade média de transmissão quando duas pessoas entram em contato e o número médio de indivíduos com as quais uma pessoa típica entra em contato durante o período em que está transmitindo a doença. Numa população heterogênea, na qual o comportamento social das pessoas é muito diverso, o surgimento de comunidades afeta de forma decisiva o espalhamento da epidemia, tal como o efeito na probabilidade de transmissão de informação é pronunciado em redes sociais (BUCKLEY et al., 2012; LIND et al., 2007). Partindo dessa premissa, em colaboração com o Prof. Antônio Silva Lima e seu grupo de pesquisa na Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza e o Prof. Hernán A. Makse e seu grupo de pesquisa no City College em NY, EUA, propusemos e implementamos uma análise de rastreamento da rede de contatos de bilhões de pontos de dados de mobilidade humana oriundos do GPS de aparelhos de celular anônimos para monitorar a evolução da rede de contatos de indivíduos e, assim, dos contatos potencialmente contagiosos no Estado do Ceará (Serafino et al., 2022).

Nessa rede, os sítios são as pessoas e uma ligação é identificada entre diferentes indivíduos quando estes mantêm contato próximo. Como veremos, nossa análise de rede mostra que uma redução drástica na mobilidade das pessoas por meio de lockdowns em massa resulta em uma desintegração da rede de transmissão. No entanto, essa desintegração não é completa e o vírus pode continuar se espalhando por meio dos denominados "superpropagadores" presentes na rede de contatos.

Nosso estudo usa dois conjuntos de dados complementares, como mostra a Figura 10. O primeiro inclui dados da "Parceria Grandata-United Nations Development Programme to combat COVID-19 with data" (Grandata, 2022). Ele é composto por dados anônimos do sistema de posicionamento global (GPS) provenientes de uma compilação de centenas de aplicativos de aparelhos de celular em toda a América Latina que permitem rastrear as trajetórias de pessoas (usuários). Os dados identificam cada dispositivo de telefone celular com um ID único criptografado exclusivo e específica sua localização de latitude e longitude ao longo do tempo (dado codificado por um geohash com precisão de 12 dígitos). Normalmente, esse conjunto de dados gera aproximadamente 450 milhões de pontos de dados de localização GPS por dia em toda a América Latina. Nossa análise está focada no Estado do Ceará, Brasil, onde rastreamos a geolocalização de mais de um quarto de milhão de usuários únicos, gerando mais de meio bilhão de pontos de dados GPS durante o período de três meses do nosso estudo. O segundo conjunto de dados é uma lista anônima de pacientes confirmados com COVID-19 obtidos das autoridades do Departamento de Saúde da cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. O conjunto de dados contém o geohash do endereço residencial, a data de detecção do teste SARS-CoV-2 e o primeiro dia de sintomas de cada paciente infectado com COVID-19 na cidade de Fortaleza no período estudado, o qual começa com a chegada do paciente zero na cidade detectado em 8 de março de 2020. Este conjunto de dados foi usado com o consentimento das autoridades de saúde locais em Fortaleza, Ceará. Cruzamos a localização do endereço residencial de cada paciente com a geolocalização GPS do conjunto de dados do telefone celular, obtendo assim o ID móvel criptografado dos pacientes. Em seguida, traçamos as trajetórias geolocalizadas de pacientes com COVID-19 durante um período -14/+7 dias desde o início dos sintomas para procurar contatos das pessoas infectadas. Esses contatos definem a cadeia de transmissão da doença que é obtida pelo modelo descrito a seguir.

O modelo de disseminação do COVID-19 nessa parte do trabalho é representado por um processo SEIR (HETHCOTE, 2000; PASTOR-SATORRAS et al., 2015) e considera o perfil epidemiológico representado na Figura 10. Tal perfil é caracterizado pelo tempo de incubação (tempo desde a exposição, E, até o início dos sintomas), latência (da exposição até o início da infecciosidade, I), período infeccioso (o período durante o qual o paciente é contagioso) e a extensão da doença (desde o início dos sintomas até a recuperação ou morte, R). Os valores dos tempos correspondentes de SARS-CoV-2 são obtidos da literatura (HE et al., 2020; LI et al., 2020a; SANCHE et al., 2020). Uma característica crucial a ser observada a partir do perfil epidemiológico é que o início do período de infecciosidade ocorre antes do início dos sintomas, ou seja, a latência é menor do que o período de incubação. Além disso, o pico de infecciosidade, ou seja, quando o paciente está em sua fase mais contagiosa, ocorre,

em média, cerca de um ou dois dias antes do início dos sintomas, conforme estudo feito anteriormente (HE et al., 2020). Esses números são cruciais para entender a rápida disseminação do COVID-19. Eles implicam que quando o paciente começa a apresentar os sintomas da doença, pode já ter transmitido o vírus para a maioria das pessoas por ele infectadas durante os dois dias anteriores.

A relação entre latência e incubação do SARS-CoV-2 é invertida com relação à situação no caso do coronavírus SARS-CoV-1, responsável pela pandemia de SARS em 2003. O perfil epidemiológico do SARS-CoV-1 indica que a latência é maior que o período de incubação, de acordo com estudos relatados em (HE et al., 2020). Os pacientes da SARS 2003 tornam-se contagiosos alguns dias após o aparecimento dos sintomas. Nesse caso, com o isolamento do paciente após o relato dos sintomas, a cadeia de transmissão pode ser rompida com sucesso. Assim, não há necessidade de rastrear contatos no tempo antes do início dos sintomas, pois todos os contatos contagiosos ocorrem durante a manifestação da doença. Essa situação pode explicar por que a SARS em 2003 foi contida com sucesso sem se espalhar pelo mundo, tendo em vista que esse coronavírus infectou cerca de 8.000 pessoas com cerca de 800 mortes em todo o mundo. Essa característica peculiar do SARS-CoV-2, como mostra a Figura 10, implica que a única maneira de interromper a cadeia de transmissão (na ausência de vacinas) é realizar o rastreamento de contatos para detectar aproximações contagiosas anteriores de pacientes e isolá-los. Ou seja, precisamos voltar no tempo para identificar os contatos que já ocorreram antes que o paciente relate os sintomas às autoridades de saúde. Sem rastreamento de contato, a cadeia de transmissão não pode ser quebrada, mesmo que o paciente entre em isolamento após o início dos sintomas. Essa situação é agravada pela existência de casos assintomáticos, ou seja, pessoas infectadas que não sentem sintomas e podem potencialmente transmitir a doença sem saber.

A geolocalização por GPS das trajetórias de pessoas infectadas e suscetíveis é usada para rastrear várias camadas de contatos na rede de transmissão empregando-se o seguinte modelo (ver Figura 10). Um contato no instante n é iniciado com um usuário infectado (fonte) no tempo. O instante n enumera cada ponto de dados GPS, enquanto t_n se refere ao tempo real anexado a esse ponto. A área de contato aparece como um círculo centrado na posição do indivíduo fonte com um raio R. Em seguida, reunimos todos os pontos de dados GPS de usuários suscetíveis (alvos) que entram na área de contato de t_0 a t_0+T, onde T é o tempo total de exposição. Seguimos as trajetórias dos indivíduos rotulados como fonte e alvos dentro da área e calculamos a probabilidade de infecção no instante de tempo n como

$p_i\,[n]= p_d\,[d_n].\ p_t\,[\tau_n]$, onde $p_d\,[d_n]$ é a componente espacial da probabilidade de infecção e $p_t\,[\tau_n]$ é a componente temporal. Quando a sobreposição média entre a fonte e um alvo é zero, $p_d\,[d_n=R]=0$, e quando a sobreposição é R, então $p_d\,[d_n=0]=1$. Por outro lado, quando o tempo de exposição é maior do que T, a probabilidade $p_t\,[\tau_n>T]=1$ e diminui à medida que o tempo de exposição decresce (SERAFINO et al., 2022).

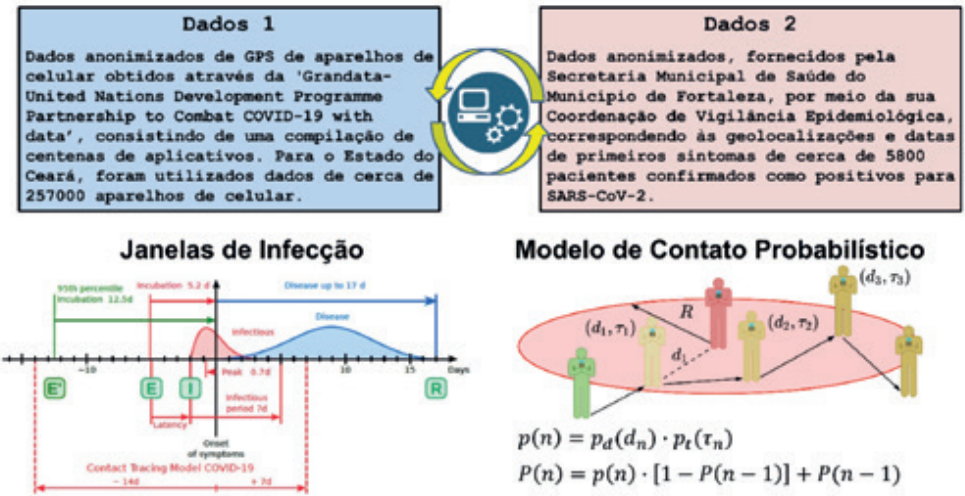


Figura 10: Como descrito no texto, dois conjuntos de dados complementares foram empregados no nosso modelo de rastreamento digital. Os contatos potencialmente contagiosos são identificados de acordo com a cadeia de transmissão da doença de acordo com o perfil epidemiológico apresentado abaixo à esquerda. O modelo de contatos é apresentado abaixo à direita (Serafino et al., 2022). Fonte: Produzido pelos autores.

Antes do bloqueio em 19 de março, a rede de contatos apresenta-se não-estruturada e fortemente conectada, similar a uma "bola de pelos". Apenas oito dias após o bloqueio, em 27 de março, a rede apresenta-se diluída, porém com um conjunto de módulos fortemente conectados, integrados por caminhos tênues de contatos. Essa estrutura é ainda mais evidente algumas semanas depois, em 28 de abril, como mostra a Figura 11. Os módulos altamente conectados encontrados correspondem às denominadas estruturas *k-core* (ALVAREZ-HAMELIN et al., 2005; CARMI et al., 2007; DOROGOVTSEV; GOLTSEV; MENDES, 2006; KITSAK et al., 2010) e têm maior complexidade do que um agregado percolante tradicional em redes direcionadas (GCC, do inglês Giant Connected Component), o qual corresponde à estrutura 1-core. Estruturas *k-core* são conhecidas por sustentar um surto epidêmico mesmo quando o GCC foi desintegrado (KITSAK et al., 2010; PASTOR-SATORRAS et al., 2015). Por definição, o *k-core* de um grafo é o subgrafo máximo no qual todos os nós possuem um grau (número de conexões) maior ou igual a k (DOROGOVTSEV; GOLTSEV; MENDES, 2006). A *k-shell* é a periferia do *k-core*, ou seja, um conjunto de nós composto por todos os nós que pertencem ao *k-core*, mas não ao *(k+1)-core* (SERAFINO et al., 2022). Os *k-cores* mais altos são aqueles com máximo *kcoremax*, e constituem a parte interna e, também, mais importante da rede. Em teoria, os *k-cores* altos são conhecidos a partir de estudos científicos de rede como "reservatórios da persistência" da transmissão da doença (KITSAK et al., 2010; PASTOR-SATORRAS et al., 2015).

Quando verificamos a geolocalização dos contatos que formam o *k-core* máximo no mapa de Fortaleza, verificamos que esses contatos ocorrem em áreas de grande trânsito da capital, como hospitais, prédios comerciais, armazéns e grandes condomínios, como mostra a Figura 11. Esses contatos geram eventos de superpropagação que generalizam a noção convencional de superpropagadores, tendo em vista que esta se refere principalmente a indivíduos com grande número de contatos de transmissão (LLOYD-SMITH et al., 2005).

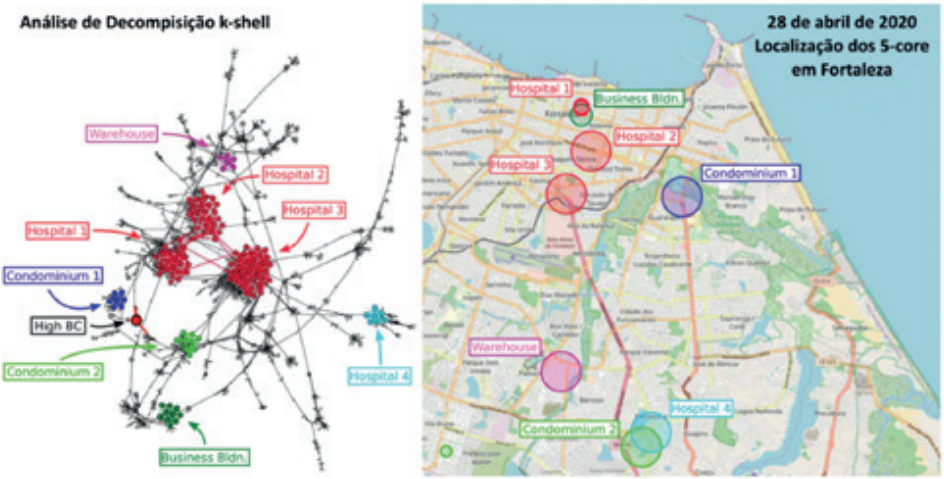


Figura 11: À esquerda temos a rede de contatos em 28 de abril incluindo os componentes 5-core em cores diferentes $K_{core}^{max}=7$ para esta rede). À direita identificamos no mapa de Fortaleza as localizações correspondentes dos contatos dessa rede que constituem os referidos componentes 5-core (Serafino et al.. 2022). Fonte: elaborado pelos autores.

Como descoberta importante, constatamos que colocar em quarentena os grandes *k-cores*, superpropagadores, não é ideal nem prático, uma vez que eles são principalmente trabalhadores essenciais e devem permanecer operacionais. Assim, a melhor estratégia, em conjunto com uma quarentena em massa, é desconectar esses *k-cores* do resto da rede social, ao invés de colocar em quarentena as pessoas dentro dos *k-cores*. Isso pode ser feito por meio da quarentena dos elos fracos (weak links) de centralidade de alta intermediação (betweeness) que preservam simultaneamente os *k-cores* operacionais. No entanto, indivíduos pertencentes aos *k-cores* máximos devem ser testados com maior frequência para detectar prontamente sua infecciosidade antes que os sintomas comecem, para ajudar a controlar a disseminação dentro dos *k-cores*.

É importante salientar que o algoritmo de rastreamento de contatos contagiosos desenvolvido a partir da metodologia aqui apresentada foi devidamente incorporado ao aplicativo "Ceará App" do Governo do Estado. Acreditamos que a sua utilização em outras situações epidêmicas permitirá a identificação e o ataque sistemático a núcleos superpropagadores de possíveis variantes da COVID-19 e outras doenças de alto contágio, ou seja, aqueles núcleos responsáveis pela manutenção e resiliência da transmissão viral.

Conclusões e Perspectivas

Conforme mencionado, o projeto Cientista Chefe de Dados para o IPECE-SEPLAG no Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), financiado pela FUNCAP, foi criado com o intuito de avaliar e propor políticas públicas no Estado do Ceará, principalmente com base na análise de big data provenientes de suas diversas Secretarias. A sua ideia motriz inicial foi a análise de dados disponibilizados pela Secretaria da Fazenda (SEFAZ), a partir de dados provenientes da Nota Fiscal Eletrônica (NF-e). Entre essas análises, para exemplificar, destacamos no presente relato a construção de uma rede complexa envolvendo as transações comerciais de compra e venda entre diferentes atividades econômicas, bem como a metodologia que desenvolvemos e implementamos visando precificar os trechos das rodovias estaduais e federais no Estado do Ceará, quantificando o tráfego ponderado das suas potenciais movimentações financeiras.

Nesse relato, enfatizamos as nossas atividades durante a epidemia COVID-19. Empregando os dados provenientes e disponibilizados pela Secretaria da Saúde (SESA), com ênfase em dados oriundos do IntegraSUS, levamos a efeito o desenvolvimento continuado de modelos epidemiológicos com o intuito de analisar e fornecer subsídios quantitativos para a definição de políticas públicas relacionadas à contenção da doença no Estado do Ceará. Fomos também capazes de desenvolver e implementar técnicas para o rastreamento digital de contatos para a identificação de indivíduos e locais superpropagadores do vírus Sars-Cov-2 no Estado do Ceará e de avaliar com sucesso a transmissão da COVID-19 no transporte público do município de Fortaleza. Os seguintes itens constituem as atividades realizadas e as entregas feitas pela nossa equipe de pesquisadores: Pré-processamento da base de dados da Nota Fiscal Eletrônica; criação de Índice de Preços Detalhado, comparável ao Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado diretamente a partir dos dados da NF-e; Criação e análise de Redes de Valores de comércio entre diferentes atividades econômicas e entre diferentes municípios; Análise da Correlações Temporais entre valores comercializados por diferentes Atividades Econômicas; Determinação da importância econômica das estradas estaduais e federais no Ceará através dos valores comercializados entre diferentes municípios; Uso de aprendizagem de máquina, com ênfase na Máquina de Boltzmann, para a análise das cesta de produtos comercializados entre diferentes municípios; Acompanhamento contínuo da pandemia COVID-19 no Ceará empregando técnicas de modelagem e inferência; Rastreamento digital de contatos potencialmente infecciosos da COVID-19 no Ceará.

Acreditamos que as ações acadêmicas e de inovação pública realizadas pelo nosso grupo de pesquisa em colaboração com as entidades e instituições com as quais nos associamos durante a realização deste projeto tenham representado uma contribuição efetiva e relevante e possam adicionar valor e importância à integração e cooperação profícua entre Universidade e Estado.

Referências bibliográficas

ALBERT, R.; JEONG, H.; BARABÁSI, A.-L. Error and attack tolerance of complex networks. Nature, v. 406, n. 6794, p. 378-382, 2000.

ALVAREZ-HAMELIN, J. I. et al. Proceedings of the 18th International Conference on Neural Information Processing Systems. Anais: NIPS'05. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2005.

AZIMI-TAFRESHI, N.; OSAT, S.; DOROGOVTSEV, S. N. Generalization of core percolation on complex networks. Physical Review E, v. 99, n. 2, fev. 2019.

BARTHÉLEMY, M. Betweenness centrality in large complex networks. The European Physical Journal B, v. 38, n. 2, p. 163-168, 2004.

BUCKLEY, M. et al. What Makes Online Content Viral?. Journal of Marketing Research, v. XLIX, p. 192-205, 2012.

CARMI, S. et al. Disponível em: https://www.geni.net. Acesso em 28 de outubro de 2022.

Carmi, S., Havlin, S., Kirkpatrick, S., Shavitt, Y., & Shir, E. (2007). A model of Internet topology using k -shell decomposition. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(27), 11150–11154. https://doi.org/10.1073/pnas.0701175104

COHEN, R. et al. Physical Review Letters, v. 86, n. 16, p. 3682-3685, abr. 2001.

DOROGOVTSEV, S. N.; GOLTSEV, A. V.; MENDES, J. F. F. Physical Review Letters, v. 96, n. 4, 2006.

FRIEDKIN, N. E. Theoretical Foundations for Centrality Measures. American Journal of Sociology, v. 96, n. 6, p. 1478-1504, maio 1991.

Grandata. Disponível em: https://www.grandata.com/covid. Acesso em: 8 nov. 2022.

HE, X. et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. Nature Medicine, v. 26, n. 5, p. 672-675, 2020.

HÉBERT-DUFRESNE, L. et al. Scientific Reports, v. 3, n. 1, p. 2171, 2013.

HERBST, E.; SCHORFHEIDE, F. Journal of Econometrics, v. 210, n. 1, p. 26-44, 2019.

HETHCOTE, H. W. The Mathematics of Infectious Diseases. Siam Review, v. 42, n. 4, p. 599-653, 2000.

HETHCOTE, H. W. Applied Mathematical Ecology. In: LEVIN S. A.; HALLAM, T. G.; GROSS, L. J. (ed.). Biomathematics. Berlin: Springer, 1989. v. 18, p. 119-142.

IONIDES, E. L.; BRETÓ, C.; KING, A. A. Inference for nonlinear dynamical systems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 103, n. 49, p. 18438-18443, 2006.

KITSAK, M. et al. Identification of influential spreaders in complex networks. Nature Physics v. 6, n. 11, p. 888-893, 2010.

LI, Q. et al. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia. New England Journal of Medicine, v. 382, n. 13, p. 1199-1207, 2020a.

LI, R. et al. Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV-2). Science, v. 368, n. 6490, p. 489-493, 2020b.

LIND, P. G. et al. Spreading gossip in social networks. Physical Review E, v. 76, n. 3, 27 set. 2007.

LLOYD-SMITH, J. O. et al. Superspreading and the effect of individual variation on disease emergence. Nature, v. 438, n. 7066, p. 355-359, nov. 2005.

MAXMEN, A. Wuhan market was epicentre of pandemic's start, studies suggest. Nature, v. 603, n. 7899, p. 15-16, mar. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em: https://covid.saude.gov.br/. Acesso em: 29 out. 2022.

MORONE, F.; MAKSE, H. A. Influence maximization in complex networks through optimal percolation. Nature, v. 524, n. 7563, p. 65-68, ago. 2015.

NEWMAN, M. Networks: an introduction. New York: Oxford University Press, 2010.

PASTOR-SATORRAS, R. et al. Epidemic processes in complex networks. Reviews of Modern Physics, v. 87, n. 3, ago. 2015.

PONTE, C. et al. Tracing contacts to evaluate the transmission of COVID-19 from highly exposed individuals in public transportation. Scientific Reports, v. 11, n. 1, p. 24443, 2021.

SANCHE, S. et al. High Contagiousness and Rapid Spread of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2. Emerging Infectious Diseases, v. 26, n. 7, p. 1470-1477, 2020.

SERAFINO, M. et al. Digital contact tracing and network theory to stop the spread of COVID-19 using big-data on human mobility geolocalization. PLoS Computational Biology, v. 18, n. 4, abr. 2022.

TANG, B. et al. Estimation of the transmission risk of the 2019-nCoV and its implication for public health interventions. Journal of Clinical Medicine, v. 9, n. 2, fev. 2020.

WOROBEY, M. et al. The Huanan Seafood Wholesale Market in Wuhan was the early epicenter of the COVID-19 pandemic. Science, v. 377, n. 6609, p. 951-959, ago. 2022.

Cientista Chefe em Pesca e Aquicultura

Raúl Cruz Izquierdo

Colaboradores
Juliana de Carvalho Gaeta
Marina Teresa Torres Rodríguez
Jessica Lucinda Saldanha da Silva
João Vicente Mendes Santana
Israel Hidenburgo Aniceto Cintra
Soniamar Zschornack R. Saraiva
Oscarina Viana de Sousa
Rodrigo Maggioni
Fatima Cristiane Telles de Carvalho
Jade Oliveira Abreu
Carlos Guillermo Barreto Reyes
Carlos A. Borda Rodríguez

RESUMO

O programa de pesquisa para consolidar as políticas públicas no desenvolvimento da pesca e aquicultura está constituído de um projeto do recurso lagosta em andamento e dois projetos concluídos em microbiologia aplicada ao cultivo de organismos aquáticos. O projeto Avaliação Pesqueira, Proposta de Ordenamento e Comercialização da Lagosta Inteira Viva estuda a estrutura, estado de explotação e alternativas de manejo das populações de lagosta e sua comercialização inteira, produto vivo, haja vista os aspectos ecológicos, biológicos e pesqueiros e suas interações ambientais, objetiva-se promover um plano de ordenamento sustentável da pesca da lagosta no Ceará. No período de execução, junho 2018 - maio 2023, a equipe composta por um grupo de pesquisadores com a competência e as habilidades variadas têm permitido desenvolver as bases científicas para integrar uma pesquisa multidisciplinar para o estudo da pesca da lagosta. Durante a execução desenvolvemos parcerias com outras organizações como o Sindicato das Indústrias de Frio e Pesca no Estado do Ceará (SINDFRIO), Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA - Pará), Instituto Federal do Ceará (IFCE - Acaraú) e Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, Bogotá, Colômbia (AUNAP). Estas parcerias propiciaram um desenvolvimento da demanda, alcançando relevantes resultados, por exemplo, ciclo de vida, conectividade, comercialização e avaliação pesqueira. Este programa também obteve marcantes contribuições para o desenvolvimento de Políticas Públicas nos planos estadual e nacional que foram materializadas na contribuição de Regras de Ordenamentos no recurso lagosta, conforme publicação na Portaria SAP/MAPA nº 221, de 8 de junho de 2021. Durante a execução dos projetos, os pesquisadores envolvidos obtiveram uma alta performance científica, o que se traduziu em 26 artigos publicados em revistas científicas nacionais e internacionais, concretizando-se 4 Reportes Técnicos Científicos, em resposta aos princípios do Programa Cientista Chefe de subsidiar, com bases científicas, políticas públicas focadas na sustentabilidade nos eixos social, ambiental e econômico.

Introdução

Pesca excessiva, sem controle, falhas do sistema de avaliação e manejo do recurso lagosta são os principais problemas enfrentados pelo órgão público demandante (Secretaria Executiva de Agronegócio). Diante destes desafios tão prementes para o estado do Ceará, foi desenvolvido o primeiro projeto ligado ao Programa Cientista Chefe, o projeto de lagosta que visa avaliar e gerenciar suas populações. Os benefícios gerados pelo projeto tanto para a inovação cearense quanto para as políticas públicas são evidentes: contribuiu-se para reduzir a pressão da pesca sobre os estoques de lagosta observando-se uma tendência na recuperação, após seis meses de defeso; outro resultado importante e inovador foi o incremento do tamanho mínimo de captura de 75 mm para 80 mm de carapaça (130 mm para 140 mm de cauda), que permitiria um incremento na produção de aproximadamente 500 t/safra e um aumento do potencial reprodutivo de 5.611 bilhões de ovos (75 mm) a 30.407 bilhões de ovos (80 mm).

Sabemos que o estado do Ceará enfrenta historicamente períodos de severa escassez hídrica, que poderão se tornar ainda mais graves diante da crise climática, o que ocasiona a diminuição da quantidade de água dos reservatórios do estado. Esta condição traz implicações para os setores produtivos, enfatizando a aquicultura, uma vez que essa atividade requer emprego de água como insumo principal para sua realização. Diante deste desafio imenso, um segundo projeto desenvolveu novas tecnologias de cultivo, como sistemas microbianos - a tecnologia de bioflocos e consórcios probióticos. Com o desenvolvimento do pacote biotecnológico de Obtenção de Bioflocos Bacterianos, desenvolveu-se um protocolo de domesticação de flocos microbianos, com ênfase na aplicação para melhoria da qualidade de água e desempenho zootécnico animal. No terçeiro projeto de pesquisa, foi avaliado o potencial probiótico dos consórcios bacterianos analisados para sua aplicabilidade na atividade da carcinicultura, melhorando a sanidade dos animais cultivados. Este pacote biotecnológico pode ser remodelado, considerando os fins que sejam requeridos para sua utilização nas atividades de cultivo: melhoria na saúde dos animais, desempenho zootécnico destes organismos e tipo de ambiente de cultivo.

Objetivos

Avaliação Pesqueira, Proposta de Ordenamento e Comercialização da Lagosta Viva

Atividades

Avaliações biológicas pesqueiras do recurso lagosta. Influência combinada de seis meses de defeso e redução do esforço de pesca (45%). Avaliação do incremento do tamanho mínimo de captura. Fecundidade das lagostas vermelha e verde. Ciclo de vida, recrutamento e conectividade. Tempo entre as fases de recrutamento e crescimento. Distribuição e biodiversidade das lagostas. Controles biológicos. Interações predador-presa. Interações ecossistêmicas e tróficas entre lagostas.

Implicações do ciclo de vida da lagosta na gestão. Externalidades e comercialização na pesca de lagosta. Análises da pesca, comercialização e exportação de lagosta inteira viva. Análise da pesca de lagosta no Grande Caribe e no Brasil. A avaliação microbiológica da microbiota do sistema reprodutor e estudo lesão na carapaça.

Avaliação Pesqueira, Proposta de Ordenamento e comercialização da lagosta viva tem como objetivo geral avaliar as populações e sua comercialização inteira viva, considerando os aspectos ecológicos, biológicos e pesqueiros com interações ambientais para promover um plano de ordenamento sustentável.

Durante esta pesquisa, concluímos que diminuiu a pressão da pesca sobre os estoques de lagosta, observando-se uma tendência na recuperação, após implementados seis meses de defeso. Os níveis de biomassa, no entanto, continuam baixos (aproximadamente 29%). Em 2020-2021, os desembarques médios foram de 4745 (t), o tamanho do estoque foi capaz de produzir rendimentos próximos ao limite inferior (5140 t) do rendimento máximo sustentável (5770 t), com probabilidade de 58,1%. (Fig. 1). Concluímos que os estoques de lagosta permaneceram resilientes à explotação, em virtude do fluxo constante de larvas do estoque do habitat profundo, por exemplo, a região do Grande Sistema de Arrecifes Amazônicos, com lagostas de grande tamanho e alto potencial reprodutivo (3.982.105 bilhões de ovos, por exemplo, em lagostas de 100 mm, comprimento da carapaça (CC). Além disso, os valores de fecundidade média (Fm) reportados no tempo estão relacionados com as tendências da biomassa (B/Bmsy) em 1968, 1986 (Fm de 371.821 ovos), 1995 (Fm de 175.533 ovos) e 2021 (Fm de 452.616 ovos).

Os últimos dois anos, 2020 e 2021, estão muito próximos do ponto de equilíbrio, indicando os estoques exprimindo tendência de recuperação, com uma fecundidade média não diferente, significativamente, de 1968 (Fm de 458.293 ovos) e 1980 (Fm de 467.481 ovos), calculados no Nordeste do Brasil e Arquipélago Cubano (valor de referência) respetivamente (Fig. 2). É importante destacar o fato de um incremento do tamanho mínimo legal de captura da lagosta vermelha de 75 mm CC (130 mm de cauda) a 80 mm CC (140 mm de cauda) favorecer a captura de lagostas adultas (>= 80 mm CC), e que os exemplares de 75 mm (CC), com um potencial reprodutivo inferior (5.611 bilhões de ovos), sejam recrutados na zona de pesca com 80 mm (CC) e um potencial reprodutivo de 30.407 bilhões de ovos em uma só estação reprodutiva. Além disso, o aumento do tamanho mínimo legal de captura de lagosta vermelha também é susceptível de melhorar os desembarques em aproximadamente 500 t, no longo prazo, prevendo-se que os desembarques ficarão de 5140 a 6480 t. A aplicação das medidas da gestão (defeso de seis meses, pescar só lagosta de tamanho legal, não pescar fêmeas ovadas e eliminação da pesca ilegal, entre outras) deve ser continuada, a fim de eliminar as fontes de externalidades negativas e recompor os estoques.

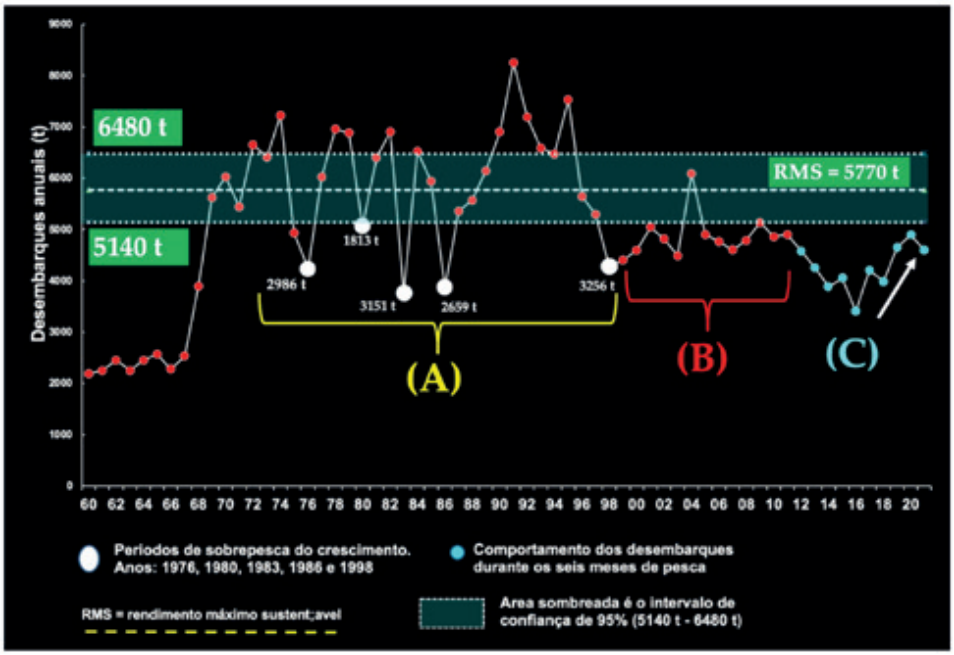
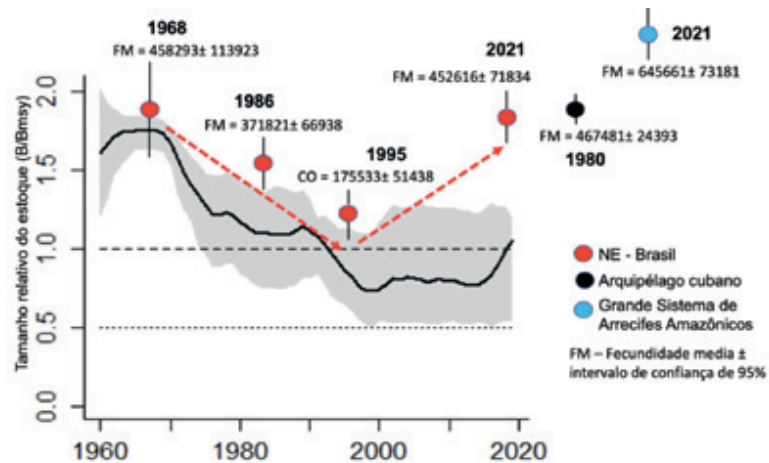


Figura 1: (A) Flutuações nos desembarques anuais da lagosta vermelha, mostrando períodos de sobrepesca (pontos brancos) e reduções. A linha horizontal pontilhada representa o rendimento máximo sustentável (RMS- 5770 t). A área sombreada tem um intervalo de confiança de 95% (5140–6480 t), pesca sustentável. (B) O declínio observado nos desembarques, 1998 – 2011, de lagostas se acredita ser devido a sobrepesca do crescimento em águas rasas, já que mais da metade das lagostas colhidas estão abaixo tamanho mínimo legal (7,5 cm comprimento do cefalotórax; 13,0 cm comprimento cauda). (C) O círculo azul-claro, período de pesca de seis meses, e a linha branca mostram um aumento nos desembarques desde 2016, como consequência de uma redução do esforço de pesca em 45% (período de defeso a seis meses). Fonte: Fonte: Cruz et al, (2020).



Tamanho relativo do estoque (B/Bmsy) (Cruz et al., 2020) e variação média da fecundidade (contagem média de ovos ± 95% dos limites de confiança) de Panulirus argus (Latreille, 1804). Nordeste do Brasil (NE) e o Grande Sistema de Recifes da Amazônia (GARS). Valores de referência para o Arquipélago Cubano publicados por Cruz (1980). Os anos de 1968, 1986 e 1995 correspondem às estimativas para NE de Mota-Alves e Bezerra (1968), Ivo e Gesteira (1986) e Ivo e Gesteira (1995). O ano de 2021 é baseado em dados do NE e GARS (Gaeta et al., 2022). Fonte: Fonte: Cruz et al, (2020).

Os resultados do Projeto Lagosta concorreram para a Criação de Políticas Públicas nos planos estadual e nacional, o que se materializou na contribuição de Regras de Ordenamentos no recurso lagosta, publicada na Portaria SAP/MAPA nº 221, de 8 de junho de 2021 (https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sap/mapa-n-221-de-8-de-junho-de-2021-324768133).

Estabelece as regras de ordenamento, monitoramento e controle da pesca, do transporte, do processamento, do armazenamento e da comercialização da lagosta vermelha (Panulirus argus), lagosta verde (Panulirus laevicauda) e lagosta pintada (Panulirus echinatus). Destacando-se: 1) período de defeso de seis meses - com esta medida da gestão, o esforço de pesca foi reduzido em aproximadamente 45%, o que, em conjunto com as análises da evolução das coortes (gerações) de 2012 a 2021, por idade, indica uma influência positiva do defeso na recuperação do recurso; e 2) incremento do tamanho mínimo de captura de 130 mm a 140 mm de cauda (CCa), equivalente a 75 e 80 mm do comprimento da carapaça (CC), respectivamente, permitiria que o mesmo número de indivíduos capturados representasse um incremento na produção de aproximadamente 500 t/safra.

Além disso, favoreceria que os exemplares de 75 mm (CC), com um potencial reprodutivo de 5.611 bilhões de ovos, fariam com que somente fossem possíveis de retirada do estoque com um tamanho maior (80 mm, CC) e com um potencial reprodutivo seis vezes maior (30.407 bilhões de ovos). Isto implicaria um incremento do número de larvas na região oceânica e com uma consequente maior probabilidade do sucesso reprodutivo do estoque. Outras medidas recomendadas e aprovadas na referida Portaria, durante o desenvolvimento da pesquisa, por exemplo, foram as que estão na sequência. Fica proibida a pesca da lagosta vermelha, lagosta verde e lagosta pintada com o emprego dos seguintes métodos ou petrechos: rede de emalhe do tipo caçoeira; marambaia, feita de material de qualquer natureza, como instrumento auxiliar de agregação de organismos aquáticos vivos; mergulho de qualquer natureza; as embarcações que operam na pesca da lagosta devem ter comprimento total superior a 4 (quatro) metros e não poderão portar qualquer tipo de aparelho de ar comprimido nem instrumentos adaptados à captura de lagostas por meio de mergulho. Também, consideramos que os quatro Reportes Técnicos, entregues em várias instâncias dos Governos Estadual e Nacional, setor privado industrial pesqueiro, universidades e institutos federais, constituem excelentes manuais educativos para subsidiar, com bases científicas, políticas públicas em seus eixos social, ambiental e econômico.

Etapas do Projeto	Resultados obtidos	Publicações
1. Avaliação do recurso. Reconstituir populações de lagosta.	Avaliação pesqueira do recurso lagosta, comercialização e exportação de lagosta inteira viva.	Reporte Técnico 1 e 2. Artigo científico (2020). Towards the rebuilding of spiny lobster stocks in Brazil: A review. Crustaceana. 2020, 93, 957-983.
2. Ciclo de vida e conectividad.	O estudo envolveu vários estádios ontogenéticos e habitats do complexo ciclo de vida da lagosta. Conectividade dento da população de Brasil e entre as populações sul-norte (Brasil - Caribe).	Reporte Técnico 3. Artigo científico (2021). Life Cycle and Connectivity of the Spiny Lobster, Panulirus spp.: Case Studies from Brazil and the Wider Caribbean (Decapoda, Achelata). Crustaceana. 2021, 94 (5): 603-645.
3. Distribuição e biodiversidade da lagosta na plataforma continental do Brasil.	O estudo está estruturado em quatro atividades. Abrange aspectos relacionados com a fecundidade, microbiologia do sistema reprodutor, lesões, distribuição e diversidade das lagostas no Brasil, e que, juntamente com as avaliações pesqueiras do recurso, tem uma grande influência na gestão pública.	Reporte Técnico 4. Artigo científico (2021). Lobster Distribution and Biodiversity on the Continental Shelf of Brazil: A Review. Revista Diversity. 2021, 13, 507. Spiny lobster fecundity on the Brazilian continental shelf (Decapoda, Achelata) Crustaceana. 2022, 95 (5-6) 593-604.

No período de execução, junho 2018 - maio 2021 conseguimos forma uma equipe integrada por um grupo de pesquisadores com experiência e competência científica na área de microbiologia aplicada aos organismos aquáticos. Desenvolvendo-se, então, as bases científicas para integrar um experimento de elevado nível, que deram fundamento para o desenvolvimento de pacotes biotecnológicos mediante o emprego de microrganismos para o desenvolvimento do setor aquícola do Ceará. Os Reportes Técnicos Científicos resumem os principais resultados e metas alcançados em cada área do conhecimento, e, adicionalmente, foram incluídos outros aspectos e figuras esclarecedoras, para os leitores não especializados terem compreensão cabal do documento.

Atividades
Otimização de bioflocos bacterianos.

Primeira etapa.
Fase 1: Construção de Consórcio de bactérias autóctones nitrificantes. Teste in vitro com o consórcio de bactérias.
Fase 2: Maturação dos bioflocos em cultivo de tilápia .

Segunda etapa.
Fase 1: Seleção de consórcios com ação diferenciada. Teste in vitro com o consórcio de bactérias.
Fase 2: Aplicação dos bioflocos com consórcio de bactérias autóctones.

Elaboração de Consórcio Probiótico.
Microrganismos isolados do trato intestinal do animal de interesse. Estudos multifaces (in vitro e in vivo) que abrangem a avaliação de bactérias autóctones do animal e seu possível efeito benéfico nestes organismos são considerados de vital importância para o desenvolvimento da aquicultura sustentável.

O projeto de Otimização do Procedimento de Obtenção de Bioflocos Bacterianos Biorremediadores e Probióticos em Laboratório tem como objetivo geral avaliar a eficácia de estirpes autóctones introduzidas em sistemas de bioflocos.

O pacote biotecnológico Otimização do Procedimento de Obtenção de Bioflocos Bacterianos foi realizado em duas etapas- in vitro e in vivo. Em laboratório, fez-se a seleção de estirpes bacterianas com característica probiótica e nitrificante, e, após a caracterização enzimática e atividade antagônica a patógenos, foram elaborados consórcios microbianos autóctones. Posteriormente aos testes in vitro, os flocos pré-formados com as características pretendidas foram aplicados nos sistemas de produção de peixes ou camarões. Observaram-se formação mais homogênea dos flocos, atividade antimicrobiana contra patógenos emergentes da aquicultura e melhoria da qualidade de água e desempenho zootécnico animal. À continuação, mostra-se um esquema teórico do protocolo de transferência biotecnológico (Figura 3).

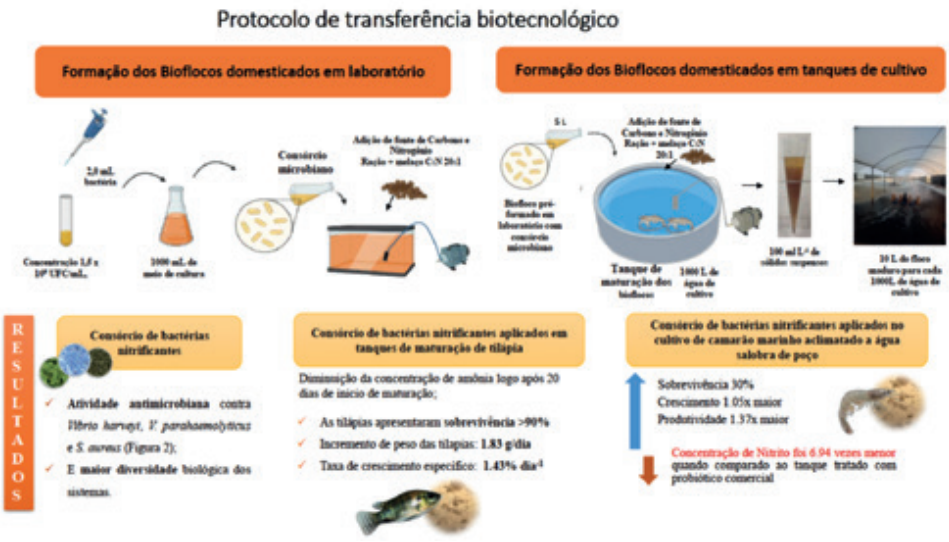


Figura 3: Protocolo de transferência biotecnológico. Fonte: Jéssica Lucinda Saldanha da Silva.

Em relação ao pacote biotecnológico de camarão, na primeira etapa (testes in vitro), foram formados três consórcios bacterianos que completaram os requisitos como probiótico potencial. Na segunda, os consórcios probióticos liofilizados foram adicionados à ração comercial para camarões para uso no ensaio in vivo de desafio contra o patógeno V. harveyi. O teste in vivo foi realizado em cinco grupos, sendo um controle negativo (C1), um controle positivo (C2) e três tratamentos com consórcios probióticos distintos (T1, T2 e T3). Os três tratamentos apresentaram mecanismos de ação diferentes. Ficou demonstrada a importância da origem das estirpes avaliadas e da técnica empregada para oferta dos consórcios probióticos na otimização da eficiência na ação dos probióticos. Foram demonstrados o potencial probiótico dos consórcios bacterianos analisados, bem como a aplicabilidade na atividade da carcinicultura, melhorando a sanidade dos animais cultivados e reduzindo a necessidade do uso de antimicrobianos para o controle de enfermidades. Estes resultados oferecem a possibilidade de contar com um pacote biotecnológico remodelável, de acordo com os fins para seu uso na carcinicultura: melhoria na saúde dos animais, desempenho zootécnico destes organismos e tipo de ambiente de cultivo (água doce ou salobra).

Etapas do Projeto	**Resultados obtidos**	**Publicações**
Pacote biotecnológico Otimização do Procedimento de Obtenção de Bioflocos Bacterianos Testes in vitro	Foi feita a seleção de bactérias autóctones e procedida a posterior caracterização enzimática e antagônica ante pátogenos, com a finalidade de estabelecer consórcios microbianos autóctones nitrificantes para formação de flocos. Emprego do consórcio em microssistemas para formação de flocos.	Reportes Técnicos 1 e 2. Artigo científico: Efecto de la adición de bacterias nitrificantes autóctonas en la formación de bioflococs para la mejoría de la calidad del agua de cultivo de organismos acuáticos. V. 6, p. 33870, 2020. Brazilian Journal of Development.
Pacote biotecnológico Otimização do Procedimento de Obtenção de Bioflocos Bacterianos Testes in vivo	Aplicação do consórcio autóctone de bactérias nitrificante e probiótica no cultivo de camarão marinho aclimatado em água salobra.	Reportes Técnicos 3 e 4. Artigo científico aceito para publicação: Effect of bioaugmentation by autochthonous nitrifying bacteria in intensive cultivation of marine shrimp Litopenaeus vannamei in low salinity biofloc system. Aqua Technica (2022).

Avaliação Geral do Projeto

Embora os apoios logísticos e financeiros dos integrantes do projeto tenham propiciado o desenvolvimento do projeto de lagosta, com relevantes resultados alcançados, não houve captação de projetos de pesquisa. Devemos ressaltar que estes projetos têm significativa contribuições para os Objetivos no Desenvolvimento Sustentável quando pensamos na vida na água (objetivo 14). Todos os projetos visam uma melhoria das condições da qualidade da água e dos recursos hídricos para a população em geral e para a melhoria e adequação da produção industrial de alimentos para a redução dos impactos negativos no meio ambiente.

Durante a pesquisa, ocorreram reuniões periódicas com os pesquisadores que participam no programa de Cientista Chefe, destacando-se reuniões de trabalho, apresentação de projetos e resultados-conteúdos nos relatórios técnicos com empresários do Setor Industrial, Secretario da SEAPA (junho 2018-2019) e Secretário Executivo do Agronegócio (SEDET). Foram ministradas quatro conferências e oito palestras. Foram divulgados os resultados dos projetos por intermédio de entrevista na rádio cearense, jornais, com o jornalista da Casa Civil e os meios de comunicação da FUNCAP. A equipe de trabalho participou de 20 eventos científico técnicos (congressos-simpósios) e das quatro edições da Feira do Conhecimento, presencial (2018 e 2019) e digitalmente (2020 e 2021). O Cientista Chefe realizou um total de três consultorias científico-técnicas por via de teleconferências com professionais do SAP-MAPA, e múltiplas consultorias com alunos do programa de pós-graduação da UFC, profissionais de área e público-alvo em geral.

Os projetos contribuíram para a formação de 51 alunos de graduação e pós-graduação. Na sequência, fizemos um resumo da formação de recursos humanos pela área de conhecimento: Orientações de doutorado: 1; Coorientações de doutorado: 3; Coorientações de mestrado: 2; Coorientações de graduação: 1; Curso de pós-graduação: 1, Aulas para graduação: 12; Disciplinas de pós-graduação: 10; Bancas: 26 (doutorado, mestrado, graduação, trabalho supervisionado, seleção bolsista e banca de especialização). Outro aspecto a destacar é o fato de que a equipe de trabalho da qual participamos operou na revisão de 14 artigos científicos e/ou projetos de pesquisa. Além disso, foi realizada uma visita científica ao "Museo Nacional de Ciências Naturales (MNCN), de Madrid, em 2019.

Considerações Finais

No desenvolvimento da pesquisa, surgiram dificuldades - inconveniências e barreiras - o que afetou a demanda científica-técnica proposta, que conspira contra a visão de futuro, o que foi debatido nos fóruns das rotas estratégicas setoriais para economia do mar, 2050. Destacam-se as dificuldades com recursos financeiros e a descontinuidade nas políticas públicas para implementar ferramentas da gestão derivadas da inovação científica, que é o motor do crescimento econômico. Os resultados alcançados partem do conhecimento científico estudado que, em sua aplicação prática, têm implicações na gestão das políticas públicas nos planos estadual e nacional. A pesquisa da pescaria e do ciclo de vida da lagosta vermelha

visa a fornecer novas medidas regulatórias para toda a população. O período de defeso (novembro a abril) protege, atualmente, as lagostas durante estádios sensíveis do seu ciclo de vida: desova, recrutamento para áreas de criança e recrutamento para pesqueiros em um tamanho médio de 76,5 mm CC (intervalo: 74-79 mm). Esses resultados são muito consistentes. Nenhum trabalho de campo adicional sobre o movimento offshore dirigido a juvenis (lagosta vermelha) foi publicado e este tamanho de recrutamento oferece nova perspectiva sobre a regulamentação de lagostas pré-recrutamento. É importante evidenciar que, para chegar à proposta de medidas para serem discutidas nas correspondentes instâncias do governo, foi necessário todo um reconhecimento de nosso labor científico sobre o recurso lagosta como parte da triangulação do setor - governo, academia e produtores. O emprego de sistemas microbianos, como a tecnologia de bioflocos, é promissor, uma vez que são utilizadas baixas taxas de renovação de água ou até mesmo o ponto zero. Além disso, a manipulação dos microrganismos iniciadores dos flocos pode contribuir para uma maior estabilização do ambiente de cultivo, concorrendo com vistas a uma melhor utilização da água e, também, para o aumento das produções, com ganhos financeiros e ambientais.

Referências

AUNAP - Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, Bogotá, Colômbia.

CEDECAM - Laboratório de Biologia Molecular (LABOMAR-UFC)

COMPEX - Indústria e Comércio de Pesca e Exportação Ltda.

Cruz, R., Santana, J.V.M., Barreto, C.G., Borda, C.A., Torres, M.T., Gaeta, J.C., Silva, J.L.S., Saraiva, S.Z.R., Salazar, I.O., Cintra, I.H.A., 2020. Towards the Rebuilding of spiny Lobster Stocks in Brazil: A review. Crustaceana, 93, 957–983. DOI: 10.1163/15685403-bja10073.

Cruz, R., 1980. Fecundidad y madurez de sexual en la langosta comercial Panulirus argus (Latreille, 1804) (Crustacea: Palinuridae) en Cuba. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras, 5(1): 1-27.

Gaeta, J., Cintra, I.H.A., Torres, M.T., Da Silva J. L. S., Cruz, R., 2022. Spiny lobster fecundity on the Brazilian Continental Shelf (Decapoda, Achelata). Crustaceana, 95 (5-6) 593-604.

IFCE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Acaraú.

Ivo, C. T. C., Gesteira, T. C. V., 1986. Potencial reprodutivo das lagostas Panulirus argus (Latreille) e Panulirus laevicauda (Latreille) (Crustacea: Palinuridae), no nordeste do Brasil. Arquivo de Ciências do Mar, 25: 1-12.

Ivo, C. T. C., Gesteira, T. C. V., 1995. Avaliação da fecundidade individual das lagostas Panulirus argus (Latreille, 1804) e Panulirus laevicauda (Latreille, 1817). Boletim Técnico e Científico do CEPENE, 3(1): 149-168.

LAMAP – Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado. Instituto de Ciências do Mar (Labomar-UFC)

Mota-Alves, M. I., Bezerra, R.C., 1968. Sobre o número de ovos da lagosta Panulirus argus (Latreille, 1804). Arquivo Estatístico em Biologia do Mar., Universidade Federal do Ceará, 8(1): 33-35.

SINDFRIO - Sindicato das Indústrias de Frio e Pesca no Estado do Ceará

UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia

Ações e Projeções do Programa Cientista Chefe em Educação Básica

Jorge Hebert Soares de Lira

RESUMO

Descrevemos, neste artigo, um conjunto articulado de políticas públicas em Educação Básica, especialmente no ensino básico de Matemática, as quais foram concebidas, implementadas, monitoradas e avaliadas no âmbito de cooperação, estruturada pela FUNCAP, entre universidades públicas, Secretaria da Educação do Estado do Ceará e, por seu intermédio, as redes públicas de Ensino Básico, municipais e estadual. Essa colaboração institucional abrange programas e projetos, conectados entre si, nas frentes do currículo, da avaliação educacional e da formação continuada em competências profissionais para a docência, com o propósito de elucidar as razões para as históricas lacunas de aprendizagem em Matemática e na compreensão leitora e, com isso, propor e acompanhar intervenções sistêmicas nas escolas para a superação dessas lacunas.

Introdução

Nas duas últimas décadas, o Estado do Ceará tem se destacado por uma elevação sustentável de indicadores educacionais de aprendizagem e fluxo, especialmente nos anos iniciais do Ensino Fundamental, onde políticas públicas tem, sem solução de continuidade, sido implementadas por meio do regime de cooperação entre governos estadual e municipais. Essas políticas são monitoradas pelos resultados de avaliações de aprendizagem padronizadas externas, de modo que os incrementos e mudanças qualitativas na progressão de aprendizagem são considerados como critério para alocação de incentivos, inclusive financeiros, às escolas e professores. Iniciativas como o Programa de Alfabetização na Idade Certa (PAIC) e o Mais PAIC deixaram evidente como políticas públicas assertivas, continuadas, colaborativas e lastreadas em evidências puderam transformar municípios com elevados índices de analfabetismo em exemplos nacional e internacionalmente reconhecidos de excelência e equidade. Mesmo com o êxito, em termos de adesão, alcance, mobilização e resultados, dessas políticas educacionais, a análise dos dados das avaliações e a própria observação direta, nas escolas e redes, demonstram que o potencial de aprendizado acumulado nos anos iniciais é parcialmente dissipado ao longo dos anos finais e, de modo mais acentuado, no Ensino Médio, que parece agregar pouco valor em termos de proficiência em Língua Portuguesa ou Matemática.

O contexto desafiador posto pela pandemia da COVID-19 aprofundou essa problemática, segundo dados que temos gerado e interpretado. Em particular, o quadro de desempenho das crianças e jovens em Matemática inspira preocupações, dado o papel estratégico das linguagens e da Matemática para a real inclusão na cidadania e no mundo do trabalho, com profissões sendo reorientadas pela demanda por conceitos e métodos quantitativos. No outro extremo do espectro educacional, universidades e institutos de pesquisa brasileiros, dentre as quais a Universidade Federal do Ceará (UFC), consolidaram, desde os anos 1970, um robusto e diversificado sistema de pesquisa em Matemática, o qual tornou o Brasil uma das 12 nações que integram o grupo de elite (o grupo cinco) na classificação da International Mathematical Union, ao lado de Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha, Israel e outros países desenvolvidos, com tradição matemática de séculos. Esse foi o resultado de decisões estratégicas como a abertura à internacionalização em termos de colaboração científica; formação e atração de profissionais e alunos com alcance nacional e internacional; e, em especial, a atenção e articulação, desde os primórdios, à formação em Matemática Básica. No caso da UFC, por exemplo, a rápida e robusta evolução da pós-graduação, hoje considerada pela CAPES como tendo excelência internacional, veio acompanhada de projetos educacionais, como o Numeratizar, nas escolas de ensino básico de Fortaleza, projeto que veio a ser o embrião das Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas, agora nacionalmente disseminada como a primeira e maior olimpíada dessa natureza no país e uma das mais bem-sucedidas ações públicas para o ensino e difusão da Matemática no mundo.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Funcap teve papel determinante nessa consolidação e, como tal, demandava, naturalmente, que programas e equipes de excelência pudessem canalizar parte de seus esforços de investigação e inovação para projetos em setores sociais e governamentais, com intervenções e aplicações efetivas vinculadas a políticas públicas, particularmente na educação básica. Em resposta a esse imperativo social, elaboramos projeto para reconstrução dos fundamentos do Ensino Básico de Matemática e iniciamos, em 2018, articulação pioneira e desafiadora entre universidades públicas e gestão estadual da educação básica. De acordo com as premissas do Programa Cientista Chefe, os projetos e iniciativas em Educação Básica partem da análise de dados, especialmente medidas de aprendizagem, avançando para o desenho, implementação, monitoramento, avaliação e aprimoramento de políticas públicas transversais às duas etapas do Ensino Básico, sobretudo nas áreas de Língua Portuguesa, Matemática e Pensamento Computacional.

Os projetos executados no âmbito do Programa integram ações relativas a: i) desenvolvimento de plataformas, métodos, matrizes de referência, análises e interpretações de avaliações de desempenho, integradas a sistemas utilizados na rede pública estadual; ii) produção de bases curriculares, materiais estruturados para professores e alunos em diversas mídias, plataformas de aprendizagem e percursos pedagógicos de suporte ao planejamento curricular nas escolas; iii) cursos, materiais e testes relativos ao desenvolvimento de habilidades profissionais nas várias dimensões do conhecimento pedagógico para a docência (PCK); iv) avaliações de impacto de políticas públicas, particularmente da expansão da educação em tempo integral na rede estadual; v) concepção, implementação e avaliação de iniciativas sistêmicas, na rede, voltadas tanto para a recomposição de aprendizagens quanto para o desenvolvimento de habilidades complexas, a exemplo dos programas Foco na Aprendizagem, para o Ensino Médio, e o Pacto pela Aprendizagem, no Ensino Fundamental; vi) constituição de networks de pesquisa, envolvendo pesquisadores e pós-graduandos, tanto em universidades cearenses quando em instituições parceiras, tanto acadêmicas quanto governamentais ou do chamado terceiro setor.

Os produtos gerados nessas linhas resultam em transferência de tecnologias educacionais para a Secretaria e, ainda mais importante, para as escolas, o que garante sua efetiva utilização e a possibilidade de reais efeitos sobre a aprendizagem. Neste artigo, descrevemos, inicialmente, a problemática que orientou nossos esforços de ciência de dados educacionais e de que modo as evidências geradas a partir dos dados, quando interpretados pedagogicamente, nortearam os projetos que, em conjunto com a Secretaria da Educação do Estado do Ceará (doravante, Seduc), temos executado, desde então, nas linhas de currículo, avaliação e formação profissional. Abordaremos, sucintamente, os objetivos e resultados desses projetos e finalizaremos com uma apreciação dos impactos e possíveis desdobramentos das ações iniciadas, na rede, a partir da atuação do Programa Cientista Chefe.

Eixos Estruturantes

A pesquisa e as aplicações geradas pelo Programa Cientista Chefe em Educação básica articulam formação, avaliação e currículo em vários níveis de execução das políticas educacionais, da gestão central às escolas e salas de aula. Mencionamos, dentre os principais eixos estruturantes do programa, as seguintes linhas de ação: 1) análise e interpretação das séries históricas de dados sobre aprendizagem e fluxo, tanto gerados em avaliações externas (e.g., SAEB e SPAECE) quanto nos sistemas padronizados próprios (SISEDU); 2) produção de materiais, plataformas, roteiros curriculares e instrumentos de acompanhamento para uso nas escolas em estratégias de recomposição de aprendizagens e de implementação das bases curriculares (por exemplo, do Documento Curricular Referencial do Estado do Ceará); 3) formação de professores, dirigida a) ao desenvolvimento de habilidades profissionais explícitas e mensuráveis, cruciais para a prática docente; b) à elaboração e teste, em ambientes reais, de inovações educacionais, como modelos de avaliação, propostas curriculares, materiais, métodos e plataformas; 4) Nucleação de times de pesquisadores e gestores em torno do uso e disseminação, na rede educacional, de referenciais científicos atuais e internacionalmente validados da ciência educacional, com uso de métodos quantitativos e achados cutting edge da Psicologia Cognitiva, dos sistemas complexos e da inferência estatística, dentre outras áreas.

Descrição dos Principais Resultados

O Estado do Ceará goza de um sistema robusto de avaliação, externa e padronizada, de desempenho educacional, em termos de aprendizagem e fluxo. Nossa colaboração com a SEDUC, desde as etapas iniciais do Programa, em 2018, diz respeito a análise de dados coletados pelo SAEB e por meio do Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará (SPAECE). O ciclo de gestões estaduais iniciado no fim dos anos 1990 firmou, como um de seus pilares, o estudo exaustivo de indicadores produzidos nessas avaliações, como os percentuais de alunos nos níveis de aprendizagem definidos por cada um desses dois sistemas, edição após edição dos testes. A Secretaria nos incumbiu de aprofundar essa análise para identificar que fatores poderiam responder pelo arrefecimento da proficiência em Matemática, observado nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Diferentemente da Língua Portuguesa, em que o PAIC e o Mais PAIC tem demonstrado impacto na consolidação de habilidades básicas, o aprendizado de Matemática tem entraves visíveis na passagem dos anos iniciais para os finais do Ensino Fundamental.

Para essa investigação, propusemos usar variantes da análise fatorial da variabilidade da proficiência dos estudantes em Matemática e Língua Portuguesa, a partir do que elaboramos modelos de mineração, visualização e interpretação dos dados na série histórica de avaliações somativas. Tais modelos permitiram identificar, de modo pedagogicamente claro e estatisticamente robusto, quais conhecimentos e habilidades, em seu conjunto, mais respondiam pelo fenômeno, mencionado no início, de estagnação ou mesmo atenuação da proficiência.

Tradicionalmente, a interpretação dos resultados das avaliações era feita em termos de percentuais de acertos/erros em questões que tratavam de "descritores" de conhecimentos e habilidades, isoladamente. Com nossa técnica analítica, demonstrávamos como esses aparentemente desconexos conjuntos de habilidades estavam, na verdade, conectados a uma base comum de conhecimentos fundamentais, geralmente conteúdos e técnicas que correspondiam a conhecimentos prévios em que os alunos tinham dificuldades por conta de fragilidades em sua formação pregressa. Essas falhas eram, então, manifestas na "superfície" dos testes como sintomas de algo muito mais estrutural e "interno" nas camadas de progressão acadêmico-cognitiva dos estudantes.

Analisando os dados do SPAECE, coletados no período de 2016 a 2019, é possível estabelecer inferências sobre como determinadas habilidades são mais ou menos determinantes para a mudança qualitativa da distribuição de proficiências, como, por exemplo, o deslocamento do aluno de níveis de mais baixa proficiência para outros que denotam habilidades mais difíceis ou complexas, ao longo da escala do SPAECE. Do ponto de vista da gestão pedagógica, combinamos essa análise fatorial a outros modelos psicométricos (TCM, TRI, DINA/DINO) para prover, a professores e gestores, recomendações de percursos didáticos que trabalhem sequências, na forma de grafos, de conhecimentos e habilidades em um crescendo de complexidade. Essas sugestões de percursos curriculares são ilustradas com exemplos de itens ou tarefas que mobilizam a cadeia de nós e links de conhecimentos prévios que devem ser consolidados de modo que o grupo de alunos em um dado nível de proficiência possa ser amparado de forma personalizada e, assim, ter sua proficiência gradualmente deslocada para os níveis seguintes.

Os grafos e árvores curriculares são estruturadas em uma Matriz dos Saberes em Matemática, elaborada, intensamente trabalhada com e pelos professores. Essa matriz serve, hoje, ao sistema de avaliação diagnóstica e formativa (Sistema Online de Avaliação, Suporte e Acompanhamento Escolar, SISEDU) implantado na SEDUC com o apoio do Programa Cientista Chefe. Essas avaliações diagnósticas foram, durante os anos críticos da pandemia de COVID-19, as únicas fontes de dados padronizados, estatisticamente comparáveis, disponíveis para orientar escolas, gestores e professores, posto que, nesses anos, não houve avaliações somativas, por exemplo. A cada edição, as avaliações diagnósticas via SISEDU envolvem cerca de 100.000 estudantes por série, no caso do Ensino Médio. Uma das premissas da Matriz dos Saberes é articular o papel diagnóstico de detecção das lacunas em conhecimentos estruturais e, simultaneamente, orientar a elaboração de testes que explorem domínios cognitivos de maior complexidade, a exemplo do que fazem avaliações como o PISA, o TIMSS e o MARS, para citar alguns exemplos.

O SISEDU, baseado na Matriz dos Saberes e nos modelos diagnóstico-cognitivos que introduzimos, é universalmente adotado nas escolas de ensino médio da rede pública estadual. Com a inclusão da Matriz e da Teoria da Resposta ao Item no sistema, tornou-se possível gerar avaliações e dados com clara interpretação pedagógica, ou seja, evidências que norteiam, nas escolas, estratégias diversificadas de intervenção para promoção da aprendizagem, de acordo com agrupamentos de

alunos definidos com base nos perfis cognitivos e de conhecimento observados nos testes. O SISEDU provê devolutivas rápidas, granularizadas em vários níveis, desde a rede como um todo às turmas em cada escola de cada município. Ainda mais relevante, são devolutivas que exprimem não apenas proficiências, mas mapas de atributos cognitivos dos alunos.

Em 2019, O SISEDU foi premiado como o primeiro lugar na categoria produto do APPS.Edu no VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), sediado em Brasília-DF, vide https://cbie.ceie-br.org/2019/evento-appsedu.html - acesso em: 30 de outubro de 2023. De fato, o trabalho da equipe do Programa Cientista Chefe, em colaboração com a gestão administrativa ou técnica na SEDUC, foi também distinguido, em 2019, com a premiação dada ao SISEDU como primeiro lugar na categoria produto no APPS.Edu do VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE).

A fim de que as evidências geradas nas avaliações e o repertório de recursos elaborados para promover aprendizagem cheguem, efetivamente, às salas de aula, realizamos, em todas as etapas do projeto, um intenso esforço de formação de professores e gestores pedagógicos, em geral. De fato, iniciamos, em 2018, formações continuadas (lato e stricto sensu) de professores de Matemática, inicialmente no Ensino Médio, em vários polos na capital e no interior; em seguida, no Ensino Fundamental, em Fortaleza e Sobral. De 2018 a 2020, certificamos, como especialistas, 223 professores de Matemática da rede pública estadual; e 226 professores de Matemática das redes públicas municipais de Fortaleza e de Sobral. Esses professores atuam, hoje, como formadores em programas estaduais para o uso pedagógico das avaliações, a aplicação dos percursos curriculares e a inserção dos materiais e práticas no planejamento pedagógico das escolas.

Com isso, as formações permitiram validar nossos materiais e propostas pedagógicas, avaliativas e curriculares, à luz das experiências concretas nas escolas. Esse repositório de práticas, materiais (para alunos e professores) e currículos foram a base a partir da qual foram elaborados os documentos curriculares oficiais, como é o caso do Documento Curricular Referencial do Ceará e a Matriz dos Conhecimentos Básicos, em cuja construção atuamos fortemente.

Por fim, durante as formações, pudemos inovar na pauta das competências e habilidades profissionais do professor de Matemática, aplicando testes, relativos aos vários domínios do conhecimento pedagógico do conteúdo, uma categoria bastante assentada na literatura internacional. Os testes apresentam situações plausíveis, mas hipotéticas, em que devem ser mobilizadas habilidades profissionais relativas ao ensino de Matemática. As devolutivas desses testes são trabalhadas com os professores como uma evidência de quais aspectos de suas práticas e quais conceitos, métodos e crenças profissionais poderiam ser fortalecidos ou aprimorados. Para nós, foram balizas para ajustarmos os objetivos e metodologia de nossas formações.

O instrumento analítico que elaboramos, dada a validação que conseguimos com

essas aplicações, pode ser um contributo importante para implementação, nas formações iniciais e continuadas, da BNC-Formação, ao menos na área da Matemática. Com esses testes, reunimos dados sobre as distribuições de proficiência dos professores da rede municipal de Sobral que realizaram a pós-graduação lato sensu, relativas a dois diferentes domínios de habilidades (conhecimento profundo da Matemática Básica e conhecimento do conteúdo e do ensino), ambos mensurados com metodologia baseada na Teoria da Resposta ao Item, a partir da aplicação de um teste padronizado.

O desenho de testes e os resultados da avaliação do conhecimento pedagógico do conteúdo foram divulgados para a comunidade científica em duas conferências internacionais. Esse desenho de formações foi ampliado para toda a rede pela Iniciativa Foco na Aprendizagem: iniciado em 2020, essa iniciativa está plenamente ativa com ciclos de formações estaduais e regionais, em todo o Ceará, envolvendo mais de 3.000 coordenadores, supervisores e professores, sobretudo nas áreas de Língua Portuguesa e Matemática. Retomando o modelo das especializações, cada ciclo considera os resultados das avaliações diagnósticas realizadas via SISEDU e, a partir da análise pedagógica dos dados, propõe, em diálogo com formadores, gestores escolares e professores, planejamentos curriculares e orientações didáticas pensados para cada grupo de estudantes caracterizados pelos saberes (conhecimentos e habilidades) em que os dados evidenciam maior necessidade de consolidação.

Um dos principais insumos, trabalhados nas formações do Foco, são os materiais estruturados em Matemática Básica, em versões para alunos e para professores. Os materiais cobrem toda a Matemática Básica, trazendo novos significados e abordagens criativas para os conhecimentos matemáticos estruturais, na base das "grandes ideias" transversais a todo o Ensino Básico. A premissa fundamental é de que os cerca de 100 cadernos já disponíveis às escolas alinhem, de modo orgânico, as necessidades de (re)apresentar conhecimentos básicos sob uma perspectiva atraente e criativa e, ao mesmo tempo, desenvolver competências matemáticas significativas, ou seja, que correspondam a expressões legítimas do pensamento e da linguagem matemáticas. As versões do material para professores trazem notas históricas, apontamentos metodológicos, enlaces explicativos para as competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sugestões de materiais, plataformas e recursos didáticos em diversas mídias (inclusive muitas delas oportunas para o ensino híbrido) e, além disso, sugestões de roteiros de uso do material para os percursos curriculares, entremeados por possibilidades de avaliações formativas. Em suma, as versões para professores incorporam elementos de suporte aos professores voltados, exatamente, para ajudá-los a desenvolver as habilidades profissionais que as avaliações do conhecimento pedagógico do conteúdo revelaram como as mais desassistidas.

No caso do Ensino Fundamental, os ciclos de formação acontecem no âmbito do Mais PAIC, fortalecidos pelo Pacto pela Aprendizagem, uma iniciativa do Governo do Estado do Ceará que dispensa 130 milhões de reais para ações junto a mais de 6000 escolas das redes municipais de Ensino Fundamental, envolvendo cerca de

100.000 professores e 1.000.000 de alunos. O Programa Cientista Chefe é responsável pela orientação pedagógica e avaliação técnico-científica do Pacto pela Aprendizagem, particularmente no que diz respeito às avaliações diagnósticas para os alunos do ensino fundamental das redes municipais; entrega e discussão de devolutivas pedagógicas sobre a situação de aprendizagem dos estudantes; produção de materiais e plataformas de apoio a professores e alunos; formações de professores para implementação dos materiais, plataformas e roteiros curriculares e metodológicos; e avaliações de alcance e impacto das ações.

Finalizando esse relato, mencionamos o trabalho relativo a itinerários formativos do Novo Ensino Médio. Em colaboração com a Coordenadoria da Educação em Tempo Integral na SEDUC, lançamos um programa de formação em Pensamento Computacional, o PROGRAME_CE, conjuntamente com a Universidade Federal do Ceará -UFC, envolvendo 50 escolas de tempo integral, 2000 alunos e 100 professores atuando nas escolas. Algumas informações e materiais sobre o PROGRAME_CE estão disponíveis em: https://www.seduc.ce.gov.br/2021/08/20/programe_ce/ - acesso em: 30 de outubro de 2023.

Os professores são formados como especialistas em Pensamento Computacional pela UFC, ao passo que seus alunos, participantes do projeto, cursarão eletivas sob supervisão dos professores e de tutores, esses últimos selecionados pela UFC como alunos ou ex-alunos de graduação e pós-graduação em Computação. Os alunos iniciam seu itinerário por um convite ao pensamento computacional, em que são, também, revistos conceitos e técnicas básicos de Aritmética, Álgebra, Lógica e Algoritmos e, gradualmente, passam a ser apresentados a problemas práticos para os quais aprenderão a usar ferramentas e linguagens computacionais. O objetivo é que os alunos possam experienciar, em situações reais, as possibilidades de desenvolvimento pessoal, profissional ou acadêmico abertas pelo itinerário.

Ações, Projetos e Políticas Públicas Executadas

Enumeramos, esquematicamente, nesta seção, alguns dos projetos concebidos e executados no âmbito do Programa Cientista Chefe em Educação Básica.

1) Programa Cientista Chefe do Estado do Ceará Educação Básica: Minerando Dados e Talentos (Meta Projeto), envolvendo, diretamente, UFC e SEDUC, com produtos e resultados em análise fatorial dos dados de avaliações de larga escala; elaboração, publicação e divulgação de matriz de referência para avaliações diagnósticas; desenvolvimento conceitual e tecnológico do Sistema Online de Avaliação, Suporte e Acompanhamento Educacional (SISEDU - conferir em https://sisedu.ced.ce.gov.br - acesso em: 30 de outubro de 2023.); parametrização e elaboração de devolutivas pedagógicas dos testes; produção de cadernos de material estruturados (versões para professores e para alunos); elaboração do documento curricular em Matemática do Estado do Ceará, da Matriz de Conhecimentos Básicos (durante o período 2020-2021 de crise gerada pela Pandemia); elaboração e aplicação de testes baseados em matriz de competências e habilidades profissionais

para o ensino de Matemática; realização e participação em seminários internacionais.

2) Qualificação do Ensino de Matemática no Estado do Ceará, envolvendo, diretamente, UFC, SEDUC, IFCE, URCA, UFCA, UVA e UECE com produtos e resultados em Formação lato sensu (especialização) de professores da rede estadual e redes municipais (Fortaleza e Sobral) para qualificação do ensino de Matemática; avaliações (testes padronizados via TRI) do conhecimento pedagógico do conteúdo, em Matemática, de professores da rede estadual e de redes municipais; elaboração de catálogo de eletivas de Matemática para as escolas de tempo integral; produção de materiais para formação de professores; produção e disponibilização de materiais para eletivas fundantes em Matemática nas escolas de tempo integral e para apoio à preparação para o ENEM; elaboração de percursos curriculares em Matemática Básica.

3) Análise de Dados sobre Formação Científica e Tecnológica nos Ensinos Médio e Superior, envolvendo, diretamente, UFC, SEDUC, UNICAMP, com produtos e resultados relativos à organização de bancos de dados e dashboards para análises dos resultados de avaliações; ao desenvolvimento de plataforma em nuvem para recebimento de dados de avaliações; e à realização de formações, para gestores e professores, sobre avaliações educacionais.

4)Luz do Saber, envolvendo, diretamente, SEDUC, UFC e Vice-Governadoria , com produtos e resultados na produção de plataformas de aprendizagem para educação de jovens e adultos (https://ejaluzdosaber.seduc.ce.gov.br/ - acesso em: 30 de outubro de 2023.) e para letramento em Língua Portuguesa e Matemática, nas etapas da Educação Infantil e da Educação Fundamental, anos iniciais (https://luzdosaber.seduc.ce.gov.br/ - acesso em: 30 de outubro de 2023.); na capacitação técnica de equipes em instituições e redes parceiras; na produção de conteúdos (textos, tarefas, templates, jogos, mídias educacionais) e de materiais complementares para as plataformas de aprendizagem.

5) Formação em Programação em Escolas de Tempo Integral (SEDUC, UFC, UFCA, IFCE), com ações relativas à elaboração de matriz curricular de formação docente em Pensamento Computacional e de materiais para formação de professores em Pensamento Computacional; à oferta de especialização (pós-graduação lato sensu) para formação de professores das escolas de tempo integral em Pensamento Computacional; à composição de catálogo de disciplinas eletivas em itinerário de Pensamento Computacional; por fim, à produção de materiais e plataforma de apoio à formação (materiais online, repositórios de aulas e atividades), em Pensamento Computacional, dos professores e dos alunos.

6) Mestrados Profissionalizantes para a Qualificação de Professores da Educação Básica, projeto envolvendo, diretamente, UFC, UNILAB, UVA, UECE, URCA, UFCA, UVA, Sociedade Brasileira da Matemática, para a oferta de formação stricto sensu (PROFMAT/SEDUC) ofertada a 192 professores da rede estadual na área

de Matemática e para a produção de repositório de materiais didáticos e práticas para qualificação do ensino e aprendizagem em Matemática.

7) Integração de Avaliação, Currículo e Formação em Matemática Básica, projeto que articula SEDUC, UFC, UECE, UFCA, URCA, SEDUC-Sobral, SME-Fortaleza, UNICAMP, UFMG, em torno das seguintes linhas de ação: concepção, implementação, coordenação e acompanhamento da Iniciativa Foco na Aprendizagem; concepção, implementação, coordenação e acompanhamento do Programa Pacto pela Aprendizagem; elaboração de cadernos do Fortalecendo Aprendizagens (versões aluno e professor), em Matemática e Língua Portuguesa, do quarto ao nono anos do Ensino Fundamental; desenho e implementação das avaliações diagnóstico-formativas para as redes municipais no âmbito do Pacto pela Aprendizagem; elaboração de matrizes de referência para avaliações de Língua Portuguesa e Matemática em redes municipais; desenho de modelo pedagógico, estatístico e computacional de avaliações formativas em Língua Portuguesa e Matemática - Ensino Fundamental

Parcerias Institucionais

O Programa Cientista Chefe em Educação Básica é assentado na cooperação com a Secretaria da Educação do Estado do Ceará e, por intermédio da cooperação firmada entre a SEDUC e as redes municipais, essa colaboração se estende a secretarias municipais, especialmente Fortaleza, Sobral e Eusébio. O desenho de cooperação, no Cientista Chefe, não se reduz aos modelos usuais de consultoria ou de pesquisa acadêmica em si mesma, como demonstramos no resumo acima. Várias das ações sucintamente descritas acima tornaram-se viáveis graças a parcerias com universidades públicas como a UECE, UNILAB, UFCA, URCA, UVA e IFCE: além da participação direta de pesquisadores dessas instituições como bolsistas do programa, projetos como a Formação em Pensamento Computacional, Mestrados Profissionalizantes para a Qualificação de Professores da Educação Básica, o PED-Brasil, as especializações e a produção de materiais envolvem essas instituições desde o início das atividades. Portanto, o Programa Cientista Chefe em Educação Básica abriga projetos multi-institucionais com a participação de nossa rede de universidades públicas, estaduais e federais.

Outras cooperações surgiram, naturalmente, com instituições que mantêm parcerias com a SEDUC em pautas próximas àquelas em que atuamos. Citamos, como exemplos, as cooperações que firmamos com o INSPER, o Instituto Unibanco, o Laboratório de Estudos e Pesquisas em Economia Social (LEPES) da USP de Ribeirão Preto e, mais recentemente, o IEDE, Interdisciplinaridade e Evidências no Debate Educacional e o IMPA, Instituto de Matemática Pura e Aplicada. A premissa de todas essas cooperações é o de reforçar mutuamente as pesquisas e inovações direcionadas aos desafios de aprendizagem nas redes estadual e municipais que discutimos na seção sobre resultados.

Por fim, as análises, tecnologias e produtos desenvolvidos no Programa Cientista

Chefe atraíram a atenção de outras organizações da gestão da educação pública, a exemplo da Secretaria da Educação Básica do MEC. Por conseguinte, firmamos convênios com o MEC em torno do programa de recomposição de aprendizagens lançadoa como uma resposta, ainda em elaboração, aos efeitos deletérios da pandemia sobre o aprendizado básico em Língua Portuguesa e Matemática. Na tabela abaixo, enumeramos alguns desses projetos, firmados e financiados por instituições parceiras.

Instituição parceira	**Projeto**	**Objetivos**
Instituto Unibanco	Desenho e Implementação de um Modelo de Avaliação para a Aprendizagem em Matemática	Elaborar análise crítica dos modelos de avaliação de larga escala em Matemática no país; propor desenho de avaliação e matriz de referência para avaliações diagnósticas, formativas e somativas em Matemática, abrangendo Ensino Fundamental e Ensino Médio; estruturar exemplos de tarefas e materiais que subsidiem o desenho proposto de avaliação em Matemática
MEC/SEB	Acompanhamento Personalizado de Aprendizagens - TED 10618	Apoiar a realização de ciclos de avaliações formativas em Língua Portuguesa e Matemática, do quarto ao nono anos do Ensino Fundamental, integrando testes, devolutivas pedagógicas, diagnósticos em termos de domínios cognitivos e de conteúdo e, por fim, a coordenação de elaboração, pelas redes locais, de materiais de apoio e implementação de percursos curriculares flexíveis e adaptáveis.
MEC/FNDE	Devolutivas Pedagógicas e Acompanhamento Personalizado de Aprendizagens – Ensino Médio	Apoiar a realização de ciclos de acompanhamento das aprendizagens no Ensino Médio, iniciados com avaliações diagnósticas em Língua Portuguesa e Matemática e continuados com: i) a proposição de percursos curriculares; elaboração, edição e divulgação de materiais, como suporte a percursos curriculares; elaboração e utilização de métodos e ferramentas de monitoramento da recomposição de aprendizagens; produção de devolutivas pedagógicas; desenvolvimento de plataforma para uso pedagógico das evidências de avaliações.

Considerações finais

Observando a trajetória que percorremos, na colaboração com as redes de ensino, particularmente em meio ao turbilhão causada pela Pandemia de SARS-COVID-19, tecemos algumas reflexões sobre possíveis direções que o Programa possa tomar, para as quais esperamos poder inspirar lideranças educacionais nas escolas e redes no Ceará e, assim esperamos, em outras unidades da Federação.

Apontamos, por exemplo, o fato patente de que a educação amparada por tecnologias digitais tomou um lugar obviamente central no ensino básico, por conta da Pandemia, de forma urgente, necessária, mas não necessariamente planejada ou sistematizada. Com o que aprendemos às pressas, dadas as circunstâncias da crise sanitária, podemos, agora, de forma mais refletida e sistêmica, entender que a aula presencial pode tornar-se um momento mais rico, de exploração, questionamento, cumulação e preparação colaborativa de roteiros de investigação. Podemos confiar aos momentos assíncronos e a plataformas aquilo que seja mais rotineiro e reservar o intercâmbio presencial para o que, mal comparando, seria algo como reuniões da equipe científica de um laboratório: discussão de problemas e resultados, avanços e retrocessos. Em vez de diminuir a importância dos momentos presenciais, essa reorganização de fato só a reforçaria. Além disso, os momentos remotos ou assíncronos, se devidamente amparados pela tecnologia e intensamente supervisionados pelos professores, podem permitir um acompanhamento mais personalizado, apoiado por dados robustos e métricas inteligentes, da progressão dos alunos.

Avaliações formativas personalizadas, que também explorem competências e processos cognitivos complexos, podem ser incorporadas à prática pedagógica corrente nas escolas, trazendo subsídios ao professor e à gestão sobre como apoiar os alunos, não apenas quanto a suas fragilidades cognitivas ou sócio-emocionais (que podem, a propósito, ser acessadas por ferramentas adequadas), mas na construção de seus projetos de vida. Os alunos podem escolher, efetivamente, percursos, tarefas, projetos, amparados pelos professores com a mediação de plataformas, em caminhos formativos que tornem efetivas as ideias de protagonismo e flexibilidade curricular.

Para que avaliações dessa natureza possam ser prolificamente combinadas a estratégias e políticas de ensino básico nas redes públicas, é preciso realocar recursos, hoje gastos, por exemplo, em avaliações padronizadas externas, para equipar escolas e comunidades (o papel das famílias e do entorno social dos alunos será tão importante quanto o das escolas), qualificar famílias, professores e gestores para o uso dessas ferramentas e assegurar que seu uso seja acompanhado por indicadores e métricas muito mais inteligentes e globais do que as que temos usado até então.

Por fim, gradualmente, temos visto um esforço, urgente e necessário, de alinhamento das políticas públicas. Para que este esforço seja efetivo, a Ciência de Dados é uma ferramenta indispensável. Temos projetos, ainda preliminares, de usar indicadores combinados de segurança pública, saúde e educacionais para, por exemplo, alocar recursos e monitorar seu uso na expansão do tempo integral nos estados e municípios e na formatação de programas para a recuperação das aprendizagens.

O que ajudamos a desenvolver, como equipe, pode contribuir para concretizar sugestões dessa natureza.

Notas

The 14th annual International Technology, Education and Development Conference, INTED2020

Local: Valência – Espanha. Paper: General framework of large-scale assessment and pedagogical support in sisedu platform. Categoria: Full paper – Oral presentation. Autores: Thomaz Edson Veloso, Rodolfo Penha, Tadeu da Ponte e Jorge Lira. DOI: 10.21125/inted.2020.2359

Annual Meeting 2020 – National Council on Measurement in Education, NCME
Local: São Francisco – EUA. Paper: Measuring Pedagogical Content Knowledge (PCK) of High School Math Teachers (HSMT). Autores: Tadeu da Ponte, Angélica Turaça, Thomaz Edson Veloso, Bruno Holanda e Jorge Lira. Categoria: Short Paper – Oral Presentation.

O Programa Cientista Chefe da Saúde do Estado do Ceará entre os Anos de 2019 e 2022

José Xavier Neto

RESUMO

Aliar a área de gestão do governo do estado à comunidade científica do Ceará é o propósito do programa Cientista Chefe. Na área da saúde durante os anos 2019-2022, o programa Cientista Chefe utilizou as competências dos setores acadêmicos, de tecnologia e de inovação aglutinados em torno de duas grandes áreas: a consolidação de estruturas administrativas baseadas na realidade apreendida por dados quantitativos; e o esforço da sociedade civil cearense contra a pandemia de COVID-19. Os principais frutos do projeto individual do Cientista Chefe da Saúde foram a criação de dois centros no contexto da Escola de Saúde Pública do Ceará (ESP), nomeadamente o Centro de Inteligência em Saúde do Estado do Ceará (CISEC) e o Centro Multidisciplinar de Análises de Imagens Médicas e Biológicas (CMAI). Durante o seu desenvolvimento entre 2019-2022, o programa Cientista Chefe da Saúde desfrutou do ambiente de grande sintonia entre os vários Cientistas Chefes de outras pastas e de suas respectivas secretarias de governo, o qual contribuiu para formar a espinha dorsal da reação do Ceará à tragédia da pandemia desde seus primeiros dias. Como ator novo no ecossistema da gestão da saúde, o programa Cientista Chefe enfrentou dificuldades previsíveis em integrar-se a estruturas fortemente hierarquizadas. A necessidade de criar instrumentos de atuação como o CISEC e o CMAI em ambiente de pandemia forçou, como solução de curto prazo, uma integração hierárquica imperfeita da figura do Cientista Chefe no organograma da saúde do estado, a qual deve ser revisada futuramente a bem da autoridade e prestígio do programa Cientista Chefe como uma instância supra administrativa de agregação de competências.

Introdução

O programa Cientista Chefe da Saúde do Estado do Ceará desenvolvido entre os anos de 2019 e 2022 iniciou-se com o recrutamento do Prof. Dr. José Xavier-Neto, então Professor Visitante do Departamento de Morfologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (UFC) pelo Secretário de Saúde do Estado do Ceará, o Prof. Dr. Carlos Roberto Martins Rodrigues Sobrinho e pelo Presidente da Fundação de Amparo ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Ceará (FUNCAP), o Prof. Dr. Tarcísio Haroldo Cavalcante Pequeno.

De acordo com os moldes lançados pela experiência pioneira que teve o Prof. Dr. Andrea Caprara da Universidade Estadual do Ceará (UECE) como o primeiro Cientista Chefe da Saúde do Estado Ceará durante a administração do Prof. Dr. Henrique Jorge Javi de Souza na Secretaria de Saúde do Estado do Ceará (SESA) entre 2015 e 2018, o objetivo principal do Programa Cientista Chefe da Saúde é estreitar as relações entre a gestão por parte da SESA e a comunidade científica da saúde do Ceará.

Aproximar a área de gestão encabeçada pela secretaria de estado da comunidade científica do Ceará tem oferecido evidentes benefícios para ambas as comunidades, mas, sobretudo, tem gerado indiscutível valor para a sociedade cearense. Para a área de gestão da saúde, o programa Cientista Chefe oferece a oportunidade de recrutamento de competências em equipes que normalmente seriam inalcançáveis pela esfera pública. Para a área acadêmica, o programa Cientista Chefe abre oportunidades únicas de contribuição imediata ao bem-estar da sociedade e acesso a fontes de financiamento além dos programas tradicionais de fomento à pesquisa.
No programa Cientista Chefe da Saúde do Ceará durante os anos 2019-2022, a gestão da SESA utilizou as competências dos setores acadêmicos, de tecnologia e de inovação aglutinados em torno do Cientista Chefe em duas grandes áreas: a consolidação de estruturas administrativas baseadas na realidade apreendida por dados quantitativos; e o esforço da sociedade civil cearense contra a pandemia de COVID-19.

A influência do enfrentamento da COVID-19 no programa Cientista Chefe da Saúde foi e continua sendo inegável. Após um breve período inicial de instalação entre Fevereiro de 2019 e Março de 2022, no qual os objetivos iniciais vislumbrados eram o apoio à informatização da área da saúde e a sua integração ao esforço do programa Big Data do governo do estado, as atividades do programa Cientista Chefe da Saúde foram totalmente dirigidas ao enfrentamento da COVID-19.
Em resumo, o advento da epidemia pela COVID-19 foi o grande estímulo responsável pela gestação do CISEC no âmbito do programa Cientista Chefe da saúde a partir de uma incipiente organização à procura de um espaço no ecossistema da saúde, até um importante e influente grupo de analistas capaz de influenciar de modo positivo a política de saúde do Ceará.

O Meta-projeto Cientista Chefe da Saúde
e o Projeto Individual do Cientista Chefe da Saúde

A prática nos últimos quatro anos tem consolidado um modelo de operação do Cientista Chefe da Saúde que define de forma objetiva as suas duas grandes áreas de atuação. A primeira é consequência de seu projeto particular, com o qual exerce suas funções coordenando uma equipe de técnicos e pesquisadores na direção de propósitos mais bem definidos, articulados como um plano de trabalho. A segunda, o meta-projeto, possui um escopo muito maior. Trata-se de articular na dimensão estadual vários grupos de pesquisadores, de técnicos e de inovadores em torno de ações que produzam rápido benefício para o sistema de saúde cearense. Esse último é apropriadamente conhecido como o meta-projeto do Cientista Chefe da Saúde. Por força dessa organização dual, a produção do Cientista Chefe ligada ao seu projeto individual seguiu o horizonte planejado inicialmente para instrumentalizar a SESA com mecanismos de apreensão da realidade na saúde cearense através de números e dotá-la de instrumentos sofisticados de análise. Na direção do meta projeto Cientista Chefe da Saúde, o tema constante foi o enfrentamento à COVID-19 desde os primeiros dias da pandemia no estado.

Resultados

Os principais frutos do projeto individual do Cientista Chefe da Saúde foram, sem dúvida, a criação de dois centros no contexto da Escola de Saúde Pública do Ceará (ESP), nomeadamente o Centro de Inteligência em Saúde do Estado do Ceará (CISEC) e o Centro Multidisciplinar de Análises de Imagens Médicas e Biológicas. O CISEC foi criado apenas duas semanas antes da confirmação do primeiro caso de COVID-19 no Ceará. Antes de sua estruturação o Cientista Chefe da Saúde atuou como coordenador do Núcleo de Avaliação de Tecnologias de Saúde (NATS) da SESA, onde recrutou seus principais colaboradores do CISEC.

Ainda no NATS, o Cientista Chefe da Saúde teve oportunidade de integrar-se à rotina da administração SESA por um ano e de participar de programas e ações importantes tais como:

- A racionalização do programa de distribuição de leite para crianças com alergia a proteínas do leite bovino, representada por Portaria Nº 970/2019, de 8 de agosto de 2019, que institui o Protocolo Clínico para Pacientes do Programa de Alergia à Proteína do Leite de Vaca.
- Início do programa HASMART de controle de pressão arterial através da distribuição gratuita de medicamentos anti-hipertensivos por farmácias de Fortaleza.
- Rastreamento dos padrões de mortalidade de pacientes em filas de regulação.
- Determinação dos padrões de mortalidade hospitalar em hospitais da rede SESA e ISGH.

Após a decretação do isolamento social, depois chamado de distanciamento social, o recém-formado CISEC atuou de forma decisiva para identificar o estado de nossos recursos de saúde sob a forma de leitos de unidade de tratamento intensivo (UTI) de leitos de enfermaria e de respiradores, os quais já eram antevistos como itens cruciais para o combate aos casos mais graves de COVID-19.

Além de estabelecer o estado de nossas reservas no Ceará, o CISEC começou a fazer previsões baseadas inicialmente em paradigmas estatísticos como o filtro de Kalman para inferir o ritmo de utilização dos recursos segundo modelos de desenvolvimento da epidemia em países mais adiantados no padrão Leste-Oeste que varreu a terra. Utilizamos China, Itália, Espanha, Inglaterra e Estados Unidos da América. Em todos os cenários previu-se uma utilização muito rápida dos recursos, mormente dos respiradores em cerca de vinte a trinta dias.

O diagnóstico do CISEC sobre o quadro preocupante de utilização potencial dos respiradores do Ceará teve impacto decisivo, atuando como um importante fator indutor da organização de um grande grupo de atores da FUNCAP, da ESP, da SESA, do SENAI, da FIEC, com participação de profissionais da Universidade Estadual do Ceará (UECE), da Universidade Federal do Ceará (UFC), da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e outras instituições. Esse grupo interinstitucional desenvolveu duas iniciativas-chave:

- A recuperação de cerca de duas centenas de respiradores não funcionais
- A criação do capacete ELMO de respiração não invasiva

Até maio de 2020, ainda na vigência da primeira onda de COVID-19 no Ceará, os únicos respiradores (cerca de 150) adicionados ao sistema de saúde do Estado foram aqueles recuperados pela iniciativa das instituições listadas acima, mostrando a importância do diagnóstico antecipado das dificuldades presentes e futuras para o planejamento do enfrentamento à COVID-19.

A participação do capacete ELMO, criado em tempo recorde, foi exercida na segunda onda de COVID-19 de 2020, quando mostrou-se bastante útil no manejo dos pacientes com formas respiratórias graves de COVID-19 ao reduzir a necessidade de intubação e ventilação artificial através de respiradores mecânicos artificiais em cerca de 60%.

O CISEC teve distinta atuação nas semanas iniciais da epidemia de COVID-19 no Ceará em 2020, quando foi a primeira instituição nacional a apontar o recorte perverso da mortalidade pela COVID-19 ao logo do espectro do índice de desenvolvimento humano (IDH) de Fortaleza. O CISEC mostrou em primeira mão que apesar de concentrar mais casos, as áreas de maior IDH da capital apresentava menores índices de mortalidade, enquanto, ainda no início da epidemia, áreas de baixo IDH apesar de mostrar menores proporções de casos, apresentavam mortalidade substancialmente mais alta. O recorte perverso da mortalidade por COVID-19 no início da primeira onda no Ceará em 2020 foi fundamental para o enfático alerta disparado pelo Senador Tasso Jereissati do Ceará, quando este alertou as autoridades cearenses sobre a necessidade de manter o distanciamento

social, em iniciativa fundamental encabeçada pelo Secretário de Saúde do Estado do Ceará à época.

Em importante contribuição para a compreensão da vulnerabilidade de Fortaleza e do resto do Ceará frente à primeira onda de COVID-19 em 2020, o CISEC mostrou através de análise correlações estatísticas que havia três principais razões para a posição de terceiro lugar do Ceará como estado brasileiro mais atingido, atrás apenas de São Paulo e Rio de Janeiro. De acordo com a análise de correlação, três foram os fatores de explicação: o número de voos internacionais para Fortaleza, a densidade demográfica da capital, a maior do Brasil, e a política de transparência total da SESA, particularmente em época quando alguns estados brasileiros ainda creditavam mortes por insuficiência respiratória a uma não específica síndrome respiratória aguda grave (SRAG).

Ao longo da pandemia, o CISEC desenvolveu um sofisticado conjunto de preditores de casos diários de COVID-19 a partir de diferentes metodologias como o filtro de Kalman, métodos estatísticos derivados de metodologias inicialmente desenvolvidas para previsão do tempo (e.g. Holt-Winters, Prophet, Arima), métodos fenomenológicos clássicos como o SIR (susceptible, infected and recovered) e SIR + Vacinas (SIRV). Agregamos a esses preditores uma sofisticada análise de derivadas parciais das curvas de evolução diária dos casos de COVID-19. A análise do comportamento dessas derivadas parciais, as quais revelaram um comportamento descrito por equações diferenciais exatas descortinou várias importantes conclusões sobre as limitações de nosso sistema de saúde, primordialmente a nossa fragilidade no quesito leitos disponíveis diante da população do estado e as consequências de mantermos o sistema de saúde sempre muito próximo do estado crítico da relação entre demanda e oferta. Em resumo, a análise do CISEC sobre a nossa vulnerabilidade diante da COVID-19 medida através dos índices de letalidade também indicou um papel relevante para a falta de um número relevante de leitos disponíveis de reserva antes dos grandes aumentos na demanda exemplificados pelas ondas de COVID-19.

Durante a primeira onda de COVID-19 no Ceará, o sofisticado conjunto de preditores descrito acima ficou disponível para a alta gestão da saúde sob o endereço de rede Coronamaps. No Coronamaps ainda realizamos estudos detalhado com precisa geolocalização dos casos de COVID-19 na cidade de Fortaleza, oferecendo predições para o deslocamento da epidemia através da capital cearense durante as várias ondas de COVID-19. Todo esse rápido desenvolvimento das capacidades analíticas do CISEC não ficou apenas no domínio das páginas da internet, mas nós também nos preocupamos em documentá-lo em publicações científicas e, sobretudo sob a forma de livro, como o "Predictive Models for Decision Support in the Covid-19 Crisis".

A partir desse conjunto de preditores foi possível construir um sistema de detecção diário de casos de COVID-19 no Ceará, o qual nos permite ainda hoje detectar muitos dos eventos epidemiológicos que, na ausência da atuação do CISEC, permaneceriam desconhecidos. Trata-se do painel de alerta COVID-19, o qual representa em código de cores para prefeitos e secretários de saúde o estado de

saúde de todos os 184 municípios do Ceará. Como exemplo, citamos a descoberta de dois polos de persistência de casos diários de COVID-19 em regiões do Ceará, nomeadamente, a região centrada em Tauá e a macro região do Cariri. Devido à sua proximidade, comércio e fluxos de transporte com centros administrativos e regiões populosas dos estados do Piauí e de Pernambuco (i.e. Teresina e oeste de Pernambuco, respectivamente) essas regiões cearenses apresentaram significativa persistência de casos mesmo em situações de remissão da epidemia no Ceará. Esse interessante fenômeno motivou a criação de um painel de acompanhamento dos casos de COVID-19 nos estados circunvizinhos.

De maior complexidade analítica, o CISEC criou um sistema de predição mais complexo e de alta sensibilidade que tem ajudado muito o controle dos casos de COVID-19 no Ceará. Um dos componentes desse sistema é o índice de susceptibilidade, o qual leva em conta os aspectos da eficácia ponderada das vacinas, o período considerado para avaliar a fração dos contaminados e a estimativa da população existente no município na data em estudo. Para o cálculo do referido índice de suscetibilidade são utilizadas as variáveis referentes às quantidades de pessoas que receberam doses de vacinas distintas, bem como os parâmetros indicadores da eficácia das doses de cada vacina aplicada. O índice varia entre os valores zero, mínima suscetibilidade e um, máxima suscetibilidade.

Aliado ao índice de suscetibilidade, o CISEC desenvolveu uma classificação de risco para cada município cearense através de dados primários como previsão de casos pelo modelo SIR, estado de vacinação em cada município e número de casos nos últimos 15 dias. De acordo com essa análise, os municípios cearenses foram divididos entre municípios sem indicativo de ameaça pela COVID-19, municípios ameaçados, mas resistentes e municípios ameaçados e suscetíveis. Para a construção desse recurso, foram utilizadas técnicas de análise de componentes principais, para criar entendimento sobre as relações entre as variáveis e explicar os seus comportamentos em termos de suas dimensões inerentes. Além disso, foram aplicadas técnicas de aprendizado não supervisionado que dão suporte aos procedimentos de análise de conglomerados, de modo a avaliar a similaridade entre pares de objetos distintos.

Administração do Programa Cientista Chefe

O Programa Cientista Chefe representa uma criação original de grande impacto nos meios acadêmicos e gerenciais do estado do Ceará. Sua gestão tem refletido um ambiente de sintonia através dos diversos Cientistas Chefes e suas secretarias associadas, o qual vem revolucionando as ações de governo no estado. Através das várias reuniões formais e informais coordenadas pela FUNCAP e da tendência natural da academia de interagir de forma ágil quando há a devida ressonância, o Programa Cientista Chefe foi duramente testado durante a crise pela COVID-19, mas tornou-se a espinha dorsal da reação do Ceará à tragédia da pandemia. Uma gestão decidida, ágil e comprometida da FUNCAP desde os primeiros dias da ameaça deu o tom para a reação, incluindo desde programas de confecção de insumos para a proteção dos profissionais da saúde até a iniciativa ELMO, o capacete de ventilação assistida que obteve sucesso na prevenção ao uso de intubação e ventilação

mecânica artificial por respiradores.

Em resumo, a despeito de quaisquer problemas menores que pudemos ter experimentado nos últimos quatro anos, nossa percepção é de que o Programa Cientista Chefe além de se constituir em um sucesso indiscutível no panorama cearense, ainda foi duramente testado pela tragédia da pandemia, na qual atuou de forma decisiva e vital para organizar com rapidez e eficiência a resposta da sociedade civil do Ceará. O Cientista Chefe da Saúde orgulha-se de ter feito parte do time da FUNCAP durante todos esses difíceis anos e oferece seus mais sinceros agradecimentos a todos os seus servidores.

CISEC

A oportunidade é apropriada para uma visão crítica do desenvolvimento do projeto individual do Cientista Chefe durante o intervalo de 2019 a 2022. Inicialmente, o objetivo do programa era integrar o sistema de informações de saúde da SESA ao projeto Big Data do Governo do Estado. Mesmo antes do advento da pandemia pela COVID-19, ficou claro que esse objetivo não seria desenvolvido primariamente devido à difícil e praticamente inexistente articulação com o setor do governo responsável pelo Big Data. Do ponto de vista da SESA, a atuação do Cientista Chefe iniciou-se em um vácuo de informações, posto que a própria secretaria de saúde não dispunha de estatísticas organizadas. Só após cerca de um ano, já em janeiro-fevereiro de 2020, a SESA lançou o seu portal de transparência o IntegraSUS, o qual efetivamente inaugurou a sua presença digital. Como é sabido por todos, março de 2020 já nos trouxe a primeira onda de COVID-19, a qual forçou uma reformulação total dos objetivos do Programa Cientista Chefe da Saúde. Não conhecemos os eventos desenvolvidos por parte das instâncias que deveriam conectar o Big Data do estado a todas as fontes de informação do governo, mas podemos presumir que o seu trabalho também deve ter sido intensamente modificado pela pandemia.

Em nosso projeto reajustado, prometemos a criação do CISEC e do CMAI, objetivo concluído. A criação do CISEC enfrentou inúmeros problemas típicos da administração pública. Em seu início, o CISEC foi disputado por duas instâncias da SESA, a saber: a Coordenadoria de Tecnologia de Informação (TIC) e a ESP. O assunto era delicado porque envolvia de um lado o acesso aos dados gerados pela equipe que eventualmente deu origem ao IntegraSUS e a ESP, que finalmente recebeu o CISEC. Até o advento da pandemia, a questão não havia sido resolvida, mas a necessidade forçou uma existência do CISEC inicialmente desvinculada a qualquer uma dessas instâncias administrativas, posto que o CISEC funcionou de modo informal durante a primeira onda de COVID-19 com o Cientista Chefe da Saúde e com mais três elementos cedidos pela TIC da SESA. Ao fim da primeira onda, o CISEC foi finalmente incorporado à ESP por meio da Portaria Conjunta SESA/ESP Nº 1097/2021, de 29 de setembro de 2021, em um arranjo delicado, pois envolvia a atuação do Cientista Chefe da Saúde, o qual responde diretamente ao secretário de saúde e ao presidente da FUNCAP, dentro da estrutura administrativa da ESP.

Apesar da difícil questão administrativa, a necessidade de atuar rápida e eficientemente contra a COVID-19 selou a questão, e o CISEC encontrou um ambiente muito favorável à sua atuação. Contudo, simultaneamente, o CISEC perdeu elementos cruciais de informação com essa afiliação à ESP. Passamos a sofrer requisições de reintegração dos profissionais da TIC alocados ao CISEC e sofremos com falta de informações sobre parâmetros vitais sob a responsabilidade do setor da vigilância epidemiológica da SESA, um problema que ainda nos aflige de modo significativo.

Do ponto de vista sociológico, a resistência ao CISEC é compreensível, pois trata-se de um novo ator no ecossistema da saúde, o qual se enxergava como suficiente. Ademais, a dupla natureza acadêmica e gerencial do programa Cientista Chefe da Saúde traz desconforto para as instituições mais tradicionais. Tal desconforto pode advir tanto de um indevido senso de inferioridade pelo aspecto acadêmico em um ambiente de saúde que claramente deveria ser complementar, quanto pela agilidade comparada do CISEC na interpretação dos dados disponíveis e na proposição de medidas ao executivo. O último fator também é natural e advém do curto ciclo de decisão associado ao CISEC, uma instituição que conta com apenas treze elementos, em contraste com as dezenas de funcionários que atuam em outros departamentos da SESA. Ainda compondo a dificuldade operacional do CISEC frente a outras instâncias administrativas da SESA, há que se considerar um histórico já antigo de dificuldades de comunicação que ainda representa um grande óbice a uma atuação mais efetiva da escola.

CMAI

O projeto de criação do CMAI era ambicioso e previa a construção na UFC, mais especificamente no Departamento de Morfologia, de uma central de imagens especial combinando elementos de rotina radiológica com um intenso ambiente acadêmico e de inovação. Contando com o apoio inicial do Departamento de Morfologia, da Diretoria da Faculdade de Medicina, do Secretário de Saúde, o projeto sofreu intensamente devido à pandemia, quando passou a ter prioridade mínima frente às outras necessidades da SESA e, posteriormente, com a percebida falta de interesse da Reitoria da UFC à época em concretizar o projeto nos moldes originalmente oferecidos. Em consequência, o projeto foi oferecido à ESP, a qual tem apoiado de forma entusiástica o CMAI, culminando na publicação da Portaria Nº 24/2022, de 27 de setembro de 2022, instituindo a sua fundação. Em resumo, tanto pandemia quanto a morosidade de processos decisórios dentro e fora da SESA tiveram impacto negativo no desenvolvimento do CMAI, enquanto a ESP teve influência decisiva na sua criação.

A Incorporação do Monitoramento dos Níveis de SARS-CoV-2 nos Esgotos da Capital

Um dos maiores sucessos do CISEC foi a incorporação dos dados produzidos pela rede nacional COVID-Esgotos em Fortaleza em seu conjunto de ferramentas analíticas. A rede COVID esgotos começou a medir os níveis de SARS-Cov-2 nos esgotos de Fortaleza em 17-23 de Dezembro de 2021, portanto antes do advento da terceira onda de COVID-19 no estado (20/12/2021 – 24/02/2022). O trabalho da rede COVID esgotos foi analisado e divulgado pelo CISEC desde o início de suas atividades e nos permitiu correlacionar os padrões de distribuição de SARS-CoV-2 nos esgotos com as diversas fases de uma onda de COVID-19. O principal aprendizado foi o de que a expressão de uma nova onda na capital do estado foi precedida pela demonstração de um nível equivalente a mais de 25.000 cópias virais por litro em pelo menos uma das dez estações de amostragem distribuídas através de Fortaleza.

Utilizando o aprendizado obtido com a monitoração dos esgotos de Fortaleza, o CISEC foi capaz de prever a instauração da quarta onda de COVID-19 no estado cerca de um mês antes do seu reconhecimento pela Prefeitura de Fortaleza, ou pela SESA, atestando para todos os agentes que militam na área da saúde o valor das inovações tecnológicas de alto nível em epidemiologia.

O capítulo da incorporação dos dados da iniciativa nacional COVID-esgotos pelo CISEC constitui-se em um dos pontos altos da atuação do Programa Cientista Chefe da Saúde do Ceará. Além dos claros benefícios para a predição de novas ameaças de epidemias por COVID-19, a iniciativa despertou por parte do Programa Cientista Chefe da Saúde, a oportunidade de dotar o Ceará de um sofisticado sistema de alerta contra ameaças epidêmicas como por exemplo, Cólera (que já atingiu Fortaleza), arboviroses (Dengue, Zika, Chikungunya), doenças hemorrágicas graves (como Ebola, Marburg etc) e outras. Sob a iniciativa do Cientista Chefe da Saúde estimulamos a submissão de dois projetos para a estabilização das ações da iniciativa COVID-esgotos no Ceará e para a extensão da monitoração nos esgotos de Fortaleza de mais agentes etiológicos. Recentemente, também por ação do Cientista Chefe da Saúde, estimulamos a submissão de um projeto emergencial de monitoração do vírus da Poliomielite nos esgotos de Fortaleza.

O Reconhecimento Precoce da Ameaça da Poliomielite ao Ceará

Desde seu início, o CISEC compreendeu a necessidade de acompanhar eventos epidemiológicos para conduzir suas ações de inteligência em saúde. Dessa forma, criamos um sistema de alarme baseado na incorporação de múltiplos bancos de dados disponibilizados na internet por organizações reputáveis como: Organização Mundial de Saúde (OMS), Organização Pan-americana de Saúde (OPAS), Ministério da Saúde (MS), Secretaria Estadual de Saúde do Ceará, Prefeitura Municipal de Saúde de Fortaleza, Polícia Federal, entre outras. Esse acompanhamento nos possibilitou perceber o surgimento do vírus da poliomielite fora dos países onde a doença é endêmica (Paquistão e Afeganistão – Sul da Ásia) em março de 2022, sendo o primeiro caso anunciado no Malawi (África), e em seguida em Israel (Oriente Médio).

Em junho, Londres detectou diferentes amostras de vírus da pólio na sua rede de esgotos. Em agosto, o Departamento de Saúde de Nova York anuncia também a detecção nos esgotos da cidade. Os vírus detectados em Londres e Nova York derivam de cepas vacinais, as quais são utilizadas em vacinas contendo vírus atenuados oriundas de programas de imunização de outros países, uma vez que nem Estados Unidos da américa, nem o Reino Unido usam vacinas orais baseadas em vírus atenuados (i.e., a vacina tipo "Sabin"). Em Nova York o condado de Rockland identificou em junho de 2022 um caso de paralisia flácida atribuído ao vírus da poliomielite e, como consequência houve decretação de estado de emergência e comunicação expressa do CDC americano de que a poliomielite voltou a ser parte do diagnóstico diferencial de paralisia flácida naquele país.

No Brasil, um caso suspeito da doença foi investigado depois da comunicação de risco do Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde (Cievs) da Secretaria de Saúde do Pará informando que uma criança de 3 anos com paralisia testou positivo para o poliovírus (Sabin like 3), através da metodologia de isolamento viral em fezes. Embora descartado pelo Ministério da Saúde do Brasil, o caso é polêmico e continua a demandar uma investigação de melhor nível com o sequenciamento do vírus isolado, o que até o momento não foi realizado.

Reconhecendo o avanço progressivo da poliomielite desde o leste até os países mais ocidentais, o CISEC lançou uma iniciativa de convencimento das equipes cearenses envolvidas no diagnóstico de vírus nos esgotos da capital cearense para incluir o poliovírus de forma acelerada em seus programas de detecção. Como parte do meta projeto do Cientista Chefe da Saúde, foi possível aprovar a proposta "Epidemiologia e vigilância molecular baseada nos esgotos como ferramenta de monitoramento ativo da circulação de Poliovírus e patógenos de interesse em Fortaleza" sob a coordenação do Prof. Dr. André Bezerra dos Santos do Departamento de Hidráulica e Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC). Esperamos que o ensaio para detecção do vírus da poliomielite seja desenvolvido em tempo para o seu uso no rastreamento desse agente etiológico de grande importância e poder de devastação para as famílias cearenses.

O Meta-projeto Cientista Chefe da Saúde do Ceará

Embora por vezes a atuação individual do Cientista Chefe da Saúde possa confundir-se com seu desempenho na tarefa de captar projetos de qualidade para o programa Cientista Chefe da Saúde, o quadro de projetos desenvolvidos sob a égide do meta projeto Cientista Chefe da Saúde faz muito para esclarecer os devidos campos de atuação. São dezoito projetos, incluindo três do próprio Cientista Chefe da Saúde, quase todos os projetos estão associados ao esforço de mitigação das consequências advindas da COVID-19 no Ceará. Notavelmente, a maioria dos projetos foi concedida nas primeiras etapas da grande ação concertada entre a FUNCAP e demais representantes da sociedade civil, os quais apresentaram projetos de alta relevância para o combate à COVID-19, como a produção de máscaras e escudos protetores, os quais apresentavam-se em estado de crítica escassez nos primeiros dias da pandemia do Ceará. Vale a pena ressaltar que essas iniciativas capitaneadas por pequenos grupos formados emergencialmente

antecederam em muitos dias, talvez meses, outras iniciativas propostas à FUNCAP por instituições de grande porte, sugerindo que os passos iniciais, fundamentais, no combate à COVID-19 no Ceará foram trilhados pela sociedade civil agilmente organizada e representada por um pequeno núcleo de agentes.

Reflexões Sobre o Modelo de Administração do Meta-Projeto

Talvez influenciado pelo modelo ágil de atuação durante a pandemia, a administração do meta projeto do Cientista Chefe da Saúde tomou contornos específicos ligados à percepção individual do coordenador. De acordo com a visão do atual Cientista Chefe da Saúde, o seu papel no programa é selecionar, junto com a Diretoria Científica da FUNCAP e o seu setor de inovação aqueles projetos que representassem maior valor imediato para a sociedade, concentrando os esforços na diligente prospecção de estudos financiáveis e deixando a administração propriamente dita dos projetos após a sua concessão para o corpo técnico da FUNCAP. Acreditamos que o modelo delineado acima seja o mais conveniente para a atuação de um Cientista Chefe.

Embora a atuação do atual Cientista Chefe da Saúde esteja inevitavelmente ligada ao enfrentamento da COVID-19, o resultado obtido por este programa fala por si só. Tratam-se de dezoito projetos (ver Anexo) totalizando quase sete milhões e meio de reais, um orçamento muito significativo para os padrões de desembolso da FUNCAP.

Entre os projetos concedidos destacamos aqueles ligados à vitoriosa iniciativa para a viabilização do capacete ELMO, a grande contribuição cearense para a terapêutica de proteção ao pulmão afetado pela COVID-19 e por outras potenciais doenças pulmonares. Além do capacete ELMO, destacamos também os projetos emergenciais de construção de equipamentos inovadores de proteção aos profissionais de saúde que lidam com pacientes de COVID-19. Esse projeto em especial, representa muito bem o esforço da comunidade científica e tecnológica do Ceará nos primeiros momentos da pandemia. O seu sucesso simboliza o comprometimento do programa Cientista Chefe e da alta gestão da FUNCAP com a rápida eficiente avaliação de projetos de alto interesse público.

Outra iniciativa fundamental que simboliza o papel do Cientista Chefe como prospector de projetos de alto valor para a sociedade foi o recrutamento para a FUNCAP da iniciativa local da rede nacional COVID esgotos que investiga os níveis do vírus da COVID-19 nos esgotos da capital.

Prestes a encerrar suas atividades em Fortaleza por insuficiência de recursos, o projeto COVID Esgotos no Ceará foi emergencialmente avaliado e concedido pela fundação, resultando em enorme sucesso na predição da quarta onda de COVID-19 no Ceará, cerca de trinta dia antes de seu início. Ainda mais significativa foi a extensão contratada sob iniciativa do Cientista Chefe da Saúde de um consórcio de cientistas cearenses para desenvolver ensaios semelhantes para outros patógenos no esgoto da capital cearense, começando como Poliovírus, que constitui a ameaça atual mais significativa para a saúde cearense.

Considerações Finais

Nem todos os projetos recrutados pelo programa Cientista Chefe da Saúde e pela direção da FUNCAP puderam ter pleno impacto sobre a sociedade cearense. Muitos deles sofreram com as diversas mudanças políticas e administrativas que são comuns na gestão complexa de um governo estadual. Nesse sentido, destacamos o projeto HASMART de controle da pressão arterial da população cearense. Uma ambiciosa e valorosa iniciativa, amplamente desenvolvida em seus conceitos e operação pelos nossos cientistas de dados ainda não teve a oportunidade de efetivamente provar o seu potencial para despertar governo e sociedade civil para os benefícios do autocuidado amparado pela estrutura organizada da saúde. O programa HASMART ficará como contribuição dessa gestão para a próxima, tendo a administração da FUNCAP o trabalho de apresentar novamente esta iniciativa para a alta administração da SESA.

Em resumo, o espaço nos impede de considerar em detalhe todos os avanços obtidos com os dezoito projetos selecionados pelo programa Cientista Chefe da Saúde. Não obstante, o saldo da contribuição do Programa foi extremamente positivo, com a criação de dois importantes centros, o CISEC, com inúmeras contribuições à saúde pública, o CMAI, ainda incipiente, mas com enorme potencial de agregação e contribuição e os meta projetos aqui comentados.

Referências bibliográficas

CEARÁ. Portaria Nº 970/2019, de 8 de agosto de 2019. Institui o Protocolo Clínico para Pacientes do Programa de Alergia à Proteína do Leite de Vaca e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Ceará, série 3, ano XI, p. 69.

MARQUES, J. A. L., GOIS, F. N. B., XAVIER-NETO, J., FONG, S. J. Predictive Models for Decision Support in the Covid-19 Crisis. Springer, 2021.

CEARÁ. Portaria Conjunta SESA/ESP Nº 1097/2021, de 29 de setembro de 2021. Institui o Centro de Inteligência em Saúde do Estado do Ceará (CISEC), no âmbito da Escola de Saúde Pública Paulo Marcelo Martins Rodrigues – ESP/CE, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Ceará, série 3, ano XIII, p. 147.

CEARÁ. Portaria Nº 24/2022, de 27 de setembro de 2022. Institui o Centro Multidisciplinar de Análise de Imagens Médicas e Biológicas (CMAI), no âmbito da Escola de Saúde Pública Paulo Marcelo Martins Rodrigues – ESP/CE, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Ceará, série 3, ano XIV, p. 57.

Ciência e Inovação em Políticas Públicas

Fernando Luiz Marcelo Antunes

Colaboradores
Edilson Mineiro Sá Jr.
Antônio Nei de Sousa
Adão Linhares Muniz
Gabriel Marçal da Cunha Pereira Carvalho
Anderson Jhones Passos Nascimento

RESUMO

O programa Cientista Chefe em Energia atua em cinco frentes destacadas a seguir: 1-Eficientização e monitoramento de consumo das utilidades (energia elétrica, água, telecomunicações e gás) dos prédios públicos da administração do Estado com o uso de técnicas de previsão de consumo através da Inteligência Artificial (IA) e o uso de linguagem Python e Power Business Inteligente – Power BI, que tem proporcionado uma redução com gastos com energia elétrica de cerca de R$ 300 mil por mês; 2-Administração pública com mitigação de Gases de Efeito Estufa através da energia solar com a Geração Distribuída, com a adequação às características climáticas do Ceará; 3-Auxílio técnico para implementação do Hub de Hidrogênio Verde no Ceará, aproveitando vasta energia renovável disponível no estado; 4-Estudos preliminares da Mobilidade Elétrica para nortear o Estado nas oportunidades tecnológicas em face do seu atual estágio de desenvolvimento; e 5-Programa Renda do Sol utilizando sistemas agrifotovoltaicos, possibilitando a geração de energia, agricultura e/ou pecuária para geração de renda. O Ceará possui grande parte do seu território susceptível à desertificação, com um índice intenso de irradiação solar, baixo registro de precipitações e ausência de plantações em regiões que apresentam baixo IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). Sistemas agrifotovoltaicos possibilitam a cultura e a criação de rebanhos adaptados à sombra, com economia de água e proteção às altas temperaturas e radiação solar. A renda gerada possibilita a melhora do IDH nessas regiões e a mitigação da desertificação como retorno imediato para a sociedade. Este programa foi incluído na Plataforma de Desenvolvimento Ceará 2050 como um dos 20 programas estratégicos de desenvolvimento do Estado. Além dessas frentes, o programa também auxilia a administração através de cursos e parcerias internas e externas, como forma de permitir uma maior penetração das fontes renováveis e visando comunidades mais sustentáveis.

Introdução

O projeto intitulado “Cientista x Chefe Energia: Ciência e Inovação em Políticas Públicas”, tem recebido o apoio da SEINFRA para as propostas de soluções baseadas no estado da arte na área de energia. São diversas as contribuições do projeto: um estudo de especificações técnicas para implantação de sistemas fotovoltaicos em 32 escolas sendo consideradas as condições climáticas do Ceará (SEDUC/SEINFRA/NUTEC); com participação da SDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico e da Casa Civil desenvolvemos um projeto para implementação de soluções no programa de estado Renda do Sol; parcerias foram firmadas com a Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC para propostas de projetos focando a Garantia de Origem da Energia Renovável para produção do H2V com o objetivo de subsidiar a implementação do HUB de hidrogênio no Porto do Pecém ; a formação de recursos humanos no Estado para implantação e manutenção de sistemas fotovoltaicos com apoio da SEINFRA/SEDUC/METROFOR/; propostas para avaliação dos sistemas fotovoltaicos instalados pela Secretaria do Desenvolvimento Agrário - SDA (projeto São José); formação de recursos humanos na área do hidrogênio verde (através da GIZ).”

Duas dificuldades enfrentadas no transcorrer do projeto revelaram-se oportunidades para desenvolvimento e aprimoramento da cadeia produtiva e da mão de obra local. Primeiramente, constatamos uma baixa expertise das empresas fornecedoras de sistemas fotovoltaicos, as quais não forneciam equipamentos e materiais adequados às condições climáticas do Ceará (elevada temperatura e elevada corrosividade). Sendo necessário a readequação dos equipamentos e materiais disponíveis no mercado pelos pesquisadores do projeto. Segundo, uma limitação das informações dos eletrolisadores comerciais para produção de hidrogênio, o que obrigou o estudo aprofundado desses equipamentos para análise da implantação do HUB de H2V e o seu possível impacto na rede elétrica.

Objetivos do projeto

O programa Cientista Chefe em Energia tem como objetivo atuar em parceria com a Secretaria de Infraestrutura do Estado na solução de políticas públicas para solucionar problemas enfrentados no estado para o pleno desenvolvimento da área de energia. Nesta direção, cinco grandes projetos estão em andamento com objetivos distintos, porém integrados no tema energia. Podem ser destacados os seguintes pontos:

1) Eficientização e Monitoramento de Consumo das Utilidades (Energia Elétrica, Água, Telecomunicações e Gás) dos Prédios Públicos da Administração do Estado Cujo Objetivo é Reduzir os Gastos com as Utilidades do Estado e Atender ao Decreto Estadual nº 33.264.

O consumo das utilidades (energia elétrica, água, telecomunicações e gás) eram gerenciados pelas próprias secretarias sem uma padronização dos dados obtidos das contas, o que dificultava o monitoramento de consumo e a proposta de projetos de eficientização. Com o Decreto das Utilidades (Decreto Estadual no 33.264 de

06/09/2019) foram criadas políticas de padronização e controle para o uso das utilidades, com o gerenciamento a cargo da SEINFRA. Com o auxílio do Programa Cientista Chefe em Energia, foram criados bancos de dados com informações detalhadas de consumo e interfaces (dashboard) para facilitar as tomadas de decisões. As informações de grandes unidades consumidoras de energia elétrica (grupo A) também foram automatizadas, o que possibilitou o monitoramento em tempo real e a rápida detecção de anomalias. As demandas contratadas de algumas unidades consumidoras foram repactuadas e outras medidas para redução dos gastos com a energia elétrica foram adotadas, possibilitando que essa economia seja investida em políticas públicas, beneficiando a sociedade. Atualmente, o sistema está sendo expandido para analisar os gastos com água, telecomunicações e gás. Os dados acumulados estão sendo utilizados para o desenvolvimento de um sistema autônomo para detecção de anomalias com uso de inteligência artificial (IA), numa parceria com cientista chefe de Dados e Transformação Digital e um doutorando do PPGEE da UFC, o que permitirá identificar faturas que possuam um registro anômalo quando comparado com o seu histórico.

2) Concepção e Projeto de Sistemas Fotovoltaicos para Escolas Estaduais, com Objetivo de Redução da Despesa com Energia Elétrica Através da GD em Escolas Públicas do Estado.

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicou a resolução normativa nº 482/2012 - em janeiro de 2022 transformada na Lei 14.300 - que estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e regulamentou o sistema de compensação de energia elétrica. A GD cresceu, e muitas especificações foram adaptadas de projetos instalados fora do Brasil, locais com características climáticas diferentes do Ceará. No âmbito do governo a SEINFRA agregou pesquisadores e especialistas do Programa Cientista Chefe em Energia para auxiliar nas especificações técnicas dos sistemas fotovoltaicos, as quais fariam parte dos Termos de Referência (TR) que iriam compor as licitações. Problemas com a elevada temperatura no Ceará foram identificados, o que poderia comprometer a vida útil dos sistemas e perda de garantia dos módulos fotovoltaicos instalados. Assim, modificações na estrutura para fixação dos módulos fotovoltaicos e nas suas especificações foram propostas para melhorar o seu arrefecimento. Problemas de corrosividade na estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos também foram identificados, pois o Ceará apresenta índices de corrosividade altíssimos e com característica marítima em alguns locais. A SEINFRA solicitou auxílio dos especialistas em corrosividade do NUTEC, os quais auxiliaram os pesquisadores do Programa Cientista Chefe em Energia a especificar os materiais, as proteções (pinturas) e os detalhes de montagem da estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos. Assim, especificações de materiais e de equipamentos comerciais foram realizadas visando a vida útil do sistema, tornando mais vantajoso para o erário público. As novas especificações serão utilizadas para implementação em outras políticas públicas e, consequentemente, disseminadas para sociedade.

3) Concepção e Projeto de Sistemas Fotovoltaicos para Consumidores de Baixa renda e Rurais - Renda do Sol - Cujo Objetivo é Gerar Renda Através do uso de Sistemas Fotovoltaicos e Agricultura/pecuária.

Em abril de 2020, com a pandemia da COVID-19, o contribuinte estadual pagou durante 4 meses a conta de energia elétrica de consumidores de baixa renda. Discussões na SEINFRA com o Programa Cientista Chefe em Energia abriram a possibilidade para o livre acesso à energia solar para produção da energia elétrica e permitir uma geração de renda aos consumidores de baixa renda, o qual foi denominado por Renda do Sol. Posteriormente, o Programa Renda do Sol foi incluído na Plataforma de Desenvolvimento Ceará 2050 como um dos 20 programas estratégicos de desenvolvimento do Estado e melhoria do padrão de vida dos cearenses, o que transformou o programa em política de estado. O Ceará tem 11,45% de seu território em processo de desertificação e de erosão que torna o ambiente árido e o solo infértil, similar à paisagem de um deserto. O Ceará praticamente possui todo o seu território susceptível à desertificação. Essas áreas têm um índice intenso de irradiação solar, baixo registro de precipitações e ausência de construções e plantações. Estas características favorecem fortemente a produção de energia elétrica por meio da conversão fotovoltaica. Além disso, áreas em processo de desertificação apresentam baixo IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). Assim, a SEINFRA, o programa Cientista Chefe em Energia e a SDA com auxílio da SDE e da Casal Civil uniram-se para o desenvolvimento de sistemas agrifotovoltaicos adaptados para o Ceará, permitindo em uma mesma área, geração solar fotovoltaica e uso da mesma área para agricultura ou pecuária. O uso de arranjos inovadores agrifotovoltaicos possibilita a produção de vegetais com sombra criada por módulos fotovoltaicos. Culturas e rebanhos adaptados à sombra poderão ser implantados em locais com desertificação, possibilitando a economia de água e a proteção contra efeitos adversos de altas temperaturas e radiação solar, permitindo a melhora do IDH em regiões em processo de desertificação. O maior impacto com o programa Renda do Sol e retorno imediato para a sociedade.

4) Fomento ao Desenvolvimento Sustentável do Mercado de Hidrogênio Verde – H2V Cujo Objetivo são Ações em Toda a Cadeia do Hidrogênio para Transformar o Ceará na "Casa do Hidrogênio Verde".

O hidrogênio pode ser produzido por todas as fontes de energia, fóssil ou renovável, mas quando produzido com energia renovável e através de eletrolisadores, ele é denominado "hidrogênio verde" ou H2V. O H2V tem sido a alternativa tecnológica encontrada para possibilitar a transferência de energia limpa entre regiões distantes, porém há muitos desafios a serem vencidos nessa nova realidade. O Programa Cientista Chefe em Energia auxiliou a SEINFRA na produção do Termo de Referência para edital de contratação de empresa de consultoria visando Elaborar Propostas de Políticas Públicas de Energias Renováveis Voltadas para o Desenvolvimento Sustentável no Estado do Ceará e Configuração de um Hub de Hidrogênio Verde no Porto do Pecém. Ciente da necessidade de formação de Recursos Humanos (RH) a nível de pós-graduação e para o fortalecimento de empresas no Ceará, projetos de pesquisa foram submetidos. Ainda focando o desenvolvimento de mão de obra local, pesquisadores do Programa Cientista Chefe

em Energia atuaram como instrutores a convite da Agência de Cooperação Alemã para o Desenvolvimento GIZ (Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit GmbH) para formação de professores multiplicadores do conhecimento para todos os níveis. Parcerias internacionais têm sido fortes na área de energia. Merece destaque as parcerias que o DEE da UFC e GPEM/IFCE têm com universidades alemãs em Kassel e em Colônia desde 2007.

5) Mobilidade Elétrica com Objetivo de Agir no Momento para o Desenvolvimento Tecnológico no Estado do Ceará Considerando o Estágio de Crescimento desse Mercado.

Há em circulação um pouco mais de 20 mil carros elétricos e híbridos no Brasil, em uma frota de 65 milhões de veículos. Segundo a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), de janeiro a outubro de 2020, o total de eletrificados emplacados no Brasil foi de 15.565 unidades, contra 11.858 de janeiro a dezembro de 2019. Em 2018, o total foi de 3.970 unidades. De 2012 até outubro de 2020, a frota eletrificada em circulação no Brasil chegou a 38.089 veículos, referentes soma de automóveis e comerciais leves emplacados pelo Renavam (Registro Nacional de Veículos Automotores, do Ministério da Economia), o que incluem veículos híbridos (HEV), híbridos plug-in (PHEV) e 100% elétricos (BEV). Entretanto, estima-se um número de aproximado de 2 milhões em menos de dez anos, com perspectiva de venda de 200 mil unidades por ano a partir de 2030. Assim, o Programa Cientista Chefe em Energia realiza estudos preliminares para nortear o Estado nas oportunidades tecnológicas em face do atual estágio de desenvolvimento da mobilidade elétrica no mundo, prioritariamente identificando-se tecnologias ligadas aos veículos elétricos. Também auxilia a administração do Estado através de cursos e parcerias internas e externas em gerenciamento pelo lado da demanda, com o consumidor como um player ativo, como forma de permitir uma maior penetração das fontes renováveis. Assim, o Programa Cientista Chefe em Energia auxilia para criação de políticas públicas visando cidades e comunidades mais sustentáveis

Outras contribuições do projeto

Podem ser destacadas outras contribuições descritas a seguir.

Desdobramentos

Foram vários os desdobramentos do programa, alguns já estão sendo executados outros ainda está na fase de submissão e outros já aprovados aguardam a liberação dos recursos financeiros, como ressaltamos a seguir. Os pesquisadores do Programa Cientista Chefe foram convidados para atuar como instrutores no curso de H2V da GIZ, sendo necessária uma consultaria sobre conteúdo para montagem de curso em H2V para formação de professores pela GIZ.

Está em andamento a criação do curso de especialização em H2V pelo IFCE Campus Pecém (em desenvolvimento). Outro fator importante foi a submissão de projeto para GIZ com o objetivo de aquisição de um eletrolisador de 5 MW para montar uma planta piloto (parceria UFC, IFCE, SEINFRA, FIEC e SENAI). O professor Edilson

Mineiro, membro do programa Cientista Chefe em energia ficou encarregado de definir a Garantia de Origem da energia renovável que alimenta o eletrolisador e necessária para garantir que o hidrogênio seja verde.

Em 2022 foi submetida à FUNCAP proposta com título: "Desafios e oportunidades para o desenvolvimento científico e tecnológico associado à cadeia produtiva do hidrogênio verde no estado do Ceará". Instituições: UFC (GPEC, GPSA, GEC) e IFCE (GPEM). Outra proposta feita pelo mesmo grupo para a iH2Brasil Edital no 01/2022 – Título: "Estudo de camadas eletrodepositadas de Fe-M (M=Ni,Co,Cu) como eletrocatalisadores para produção de hidrogênio em eletrolisadores industriais". Valor Global do Projeto: €149503,08. Projeto aprovado, mas aguardando recurso financeiro para uma possível implementação. Instituições: UFC (GPEC, GPSA, GEC) e IFCE (GPEM).

A submissão de proposta para CNPq Edital no 24/2022 – Título: "Laboratórios integrados para desenvolvimento multidisciplinar de tecnologias fotoeletroquímicas para produção de hidrogênio a partir de fontes renováveis". UFC (GPEC, GPSA, GEC), UFCA (LQCM) e IFCE (GPEM, LTPA). Considerando a estável parceria entre a UFC e o IFCE com a Universidade de Kassel aguarda-se o resultado da proposta submetida ao Edital no 21/2022 - Projeto PROBRAL/CAPES/DAAD no tema Transformação Energética numa parceria entre a UFC e a UFSC no Brasil e a Universidade Técnica de Munique - TUM e a Universidade de Kassel, Uni-Kassel pela Alemanha.

O protagonismo que o programa Renda do Sol obteve na Conferência do Clima em Glasgow – COP26 resultou em um projeto enviado pela Casa Civil para fundação do então Príncipe Charles, hoje Rei Chales III.
Por fim, destaca-se o Curso de Formação dos Fiscais para Obra de GD Solar nas Escolas – RDC, o qual foi ministrado para Fiscais e analistas de projeto das secretarias envolvidas na implantação do sistema.

Parcerias Institucionais

O programa também desenvolveu importantes parcerias institucionais: com a Universidade de Kassel (Alemanha), em projetos de co-tutoria, com foco em mobilidade elétrica e redes elétricas inteligentes, através do Centro de Excelência em Geração Distribuída – KDEE. Com a Agência de Cooperação Alemã GIZ o programa cientista chefe em energia atuou em parceria para formação de recursos humanos (RH) para produção e utilização do hidrogênio (Power-To-X), uma iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME) com a Sociedade Fraunhofer, organização alemã de pesquisa que conta com 72 institutos na Alemanha e uma rede de parceiros industriais, através de termo de parceria com o IFCE e com a Universidade de Ciências Aplicadas de Colônia – TH-Köln, na área do hidrogênio verde (H2V) através Centro de Competência em Energia Renovável – CIRE.

Captação de Projetos Aprovados

Chamada CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021 – Faixa B – Grupos Consolidados.
Título: "Projeto e construção de sistema de acionamento e carregamento de baterias para trator elétrico aplicado à agricultura familiar".
Valor total: R$ 152.499,71. Instituições parceiras: UFC, IFCE e IFPB.
Resumo: Esse projeto propõe desenvolver um sistema de alimentação, acionamento e controle para um trator elétrico com potência de 9 kW. Dentro das características específicas de propulsão elétrica, adequada a um trator de baixa potência para pequenos produtores agrícolas, o objetivo é desenvolver um sistema elétrico de propulsão e controle embarcado com o intuito de buscar a máxima eficiência de tração e maior eficiência energética em atividades agrícolas da agricultura familiar. Assim, com uma abordagem inovadora, este projeto fomenta um novo conceito de mecanização agrícola com a concepção e implementação de um sistema de acionamento e controle para trator elétrico, buscando apresentar soluções tecnologicamente relevantes para aplicação direta no segmento da Agricultura 4.0, aplicável a todo espectro relacionado ao setor agrícola que tem ao longo dos tempos demonstrado ser um mercado de grande potencial. As tecnologias incorporadas para a execução deste projeto compreendem o estado da arte e da técnica no que se refere a agricultura de precisão; eletrônica de potência; máquinas elétricas; baterias, sistemas de acionamento e controle. São todas tecnologias disruptivas que convergem para a solução de problemas locais, porém com abrangência internacional.

Edital PRPPG UFC No 10/2021 Seleção De Propostas Para Professor Visitante Nacional Ou Estrangeiro.
Título: "Novas De Tecnologias Para Uso De Energias Renováveis Na Geração De Energia Elétrica Para Alimentação De Eletrolisadores Produtores De Hidrogênio Verde Em Larga Escala".
Valor referente a bolsa DCR.
Resumo: Esta proposta ocorre em função de objetivos coincidentes entre o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC) e suas linhas de pesquisa e o Programa Cientista Chefe da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, visando o Apoio a Projetos de Pesquisa Estratégicos. O foco desta submissão está centrado em projeto de inovação voltado para as atividades de fortalecimento das áreas estratégicas para as políticas de Ciência, Tecnologia & Inovação nos planos nacional e estadual, com objetivos no desenvolvimento de cadeias produtivas no Ceará.

Políticas Públicas

Discussões na SEINFRA com o Programa Cientista Chefe em Energia abriram a possibilidade para o livre acesso à energia solar para produção da energia elétrica que permita uma geração de renda aos consumidores de baixa renda, denominado por Renda do Sol. Posteriormente, o Programa Renda do Sol foi incluído na Plataforma de Desenvolvimento Ceará 2050 como um dos 20 programas estratégicos de desenvolvimento do Estado e melhoria do padrão de vida dos cearenses, o que transformou o programa em política de estado.

Utilização das Tecnologias Desenvolvidas na Gestão Pública

O programa desenvolveu uma série de tecnologias que foram aplicadas com sucesso e que reduziram custos, criaram renda e efetivaram o uso de utilidades por órgãos públicos, podendo-se destacar entre as contribuições do programa cientista chefe:

- Redução do consumo das utilidades nos prédios públicos do Estado;
- Maior controle dos gastos com as utilidades do Estado;
- Detecção de anomalias nas contas das utilidades do Estado;
- Maior uso da energia renovável pelo Estado;
- Padronização de sistemas fotovoltaicos com foco nas condições climáticas do Ceará;
- Uso de sistemas agrifotovoltaicos em regiões em desertificação (em parceria com a SDA);
- Melhoria do IDH em regiões rurais com o fomento da implantação de sistemas fotovoltaicos (Renda do Sol);
- Geração de renda para os consumidores de baixa renda (Renda do Sol – no meio urbano);
- Auxílio na implantação do HUB de Hidrogênio Verde (H2V) no Ceará;
- Análise para implantação da mobilidade elétrica sustentável.

Conclusões e considerações finais

O projeto Cientista Chefe em Energia pode ser considerado um sucesso no seu empreendimento, visto que realizou diversas atividades com impacto positivo para as políticas públicas do estado contando com reduzido número de bolsistas. Seria interessante e necessário agregar mais pesquisadores ao programa considerando as oportunidades e os ganhos que tais projetos têm proporcionado. Buscaremos um reforço financeiro para a desenvolvimento de projetos que possam alavancar as contribuições efetuadas até este momento. Consideramos que a montagem de protótipos em pequena escala seria uma grande contribuição com resultados práticos agregadores. Tentamos junto a SEINFRA o apoio financeiro para desenvolver protótipos de sistema agrifotovoltaico (AgriPV). O assentamento de Monte Alegre no município de Tamboril será usado como caso teste e um modelo para outras instalações, como a concepção do sistema AgriPV dentro do Programa Renda do Sol. O projeto foi aprovado na SEINFRA e na SDA, já encaminhado para Casa Civil. Paralelo as este projeto piloto procuraremos desenvolver protótipos de laboratório em uma instituição de pesquisa para um melhor acompanhamento desta proposta inovadora.

Diante dos grandes desafios globais, o Programa Cientista Chefe em Energia contribuirá para atenuar os problemas da mobilidade urbana ao investigar e desenvolver novas possibilidades de transporte que utilizem veículos elétricos a hidrogênio ou a baterias. Os veículos elétricos a hidrogênio e a baterias não são concorrentes, mas complementam-se no uso. Deveremos aprofundar os estudos que apontam para o uso do hidrogênio em transportes de passageiros em larga quantidade, como já acontece em alguns países europeus, e os veículos a baterias para transportes individuais.

O estado do Ceará está à frente nas assinaturas de Memorandos de Entendimento (MoU) para o desenvolvimento de uma base industrial e de infraestrutura para o Hidrogênio Verde, entretanto fazem-se necessários investimento de tempo e ações positivas para que se concretize, se não o todo, mas parte dos MoU assinados.

Referências bibliográficas

ABVE Associação Brasileira de Veículos Elétricos. Link de acesso www.abve.org.br.

AGOSTINI, A.; COLAUZZI, M.; AMADUCCI, S. Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. Applied Energy, Elsevier, v. 281, p. 116102, 2021.

COP 26 - Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática de 2021 Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climáticas (COP 26): https://www.cnabrasil.org.br/noticias/cop-26- conferencia-das-nacoes-unidas-sobre--mudanca-climatica-de-2021

MME Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031, outubro de 2022

Seminário Internacional Hidrogênio Verde no Ceará: as Vantagens Competitivas do Ceará para a Implantação do Hub de Hidrogênio Verde, https://aprece.org.br/blog/noticia/em-reuniao com- os-prefeitos-do-ceara-governador-lanca-programa-cuidar-melhor/.

SEPLAG CEARÁ, Plataforma de Desenvolvimento Ceará 2050, link de acesso http://www.ceara2050.ce.gov.br/

A Pesca Artesanal e a Aquicultura Familiar como Instrumentos de Produção de Alimentos Saudáveis e da Geração de Trabalho e Renda no Estado do Ceará

João Felipe Nogueira Matias

Colaboradores
Karla Catter
Raimundo Eduardo Fontenele
Rossi Lelis
Viviana Lisboa

RESUMO

O Estado do Ceará já foi destaque na aquicultura brasileira como um dos maiores produtores aquícolas do país, entretanto nos últimos anos nos deparamos com uma queda na produção devido a enfermidades e uma estiagem prolongada. A pesca artesanal, que exerce um papel socioeconômico e cultural fundamental no estado do Ceará, sequer possuí uma estatística atualizada. O setor pesqueiro e aquícola deve produzir alimentos saudáveis para o consumo humano, portanto é necessário realizar estudos que visem identificar e quantificar a exposição do consumidor a diferentes tipos de contaminantes os quais o pescado pode estar exposto, primordialmente metais pesados. Desta forma, o Programa Cientista Chefe da Pesca Artesanal e da Aquicultura Familiar desenvolveu seis projetos: Desenvolvimento da Aquicultura; Projeto piloto para análise da viabilidade biológica, técnica e econômica do cultivo da garoupa-verdadeira Epinephelus marginatus no Ceará. Inovações Tecnológicas e Sociais para modernização da Pesca Artesanal no Estado do Ceara; Projeto de Cultivo da Microalga Haematococcus pluvialis no Ceará; Quantificação da Contaminação do Pescado; Modelo de Avaliação da Contribuição Sócioeconômica da Cadeia de Valor da Pesca e Aquicultura na Economia do Estado do Ceará.

Introdução

O potencial do estado Ceará para o desenvolvimento da piscicultura marinha é imenso, sendo detentor de uma fauna nativa de espécies apreciadas pelos consumidores com enorme valor de mercado e uma vasta experiência e tradição na produção de organismos marinhos. Entretanto, a aquicultura vem sofrendo bastante com o aumento dos custos operacionais, com a deficiência e desatualização na assistência técnica, com as dificuldades para a regularização ambiental e fundiária, a falta da diversificação dos produtos cultivados e o pouco uso da biotecnologia no setor. No que concerne à diversificação dos produtos cultivados, apesar do seu evidente potencial de mercado, a produção da piscicultura marinha atualmente é realizada em pequena escala. Diante destes paradoxos, se faz necessário fomentar a implementação de novas propostas que contribuam para o aperfeiçoamento e diversificação do setor aquícola do nosso estado. O Programa Cientista Chefe da Pesca Artesanal promove a execução e avaliação de novas medidas e tecnologias, através de projetos de apoio ao desenvolvimento da aquicultura familiar que otimizem as condições de produtividade em relação ao meio ambiente, principalmente com relação ao uso sustentável dos recursos hídricos, a introdução de novos tipos de cultivos de organismos e espécies que se adaptem bem ao clima do semiárido nordestino, e que ofereça ao mercado produtos de boa aceitação e com alto valor agregado.

Estes projetos devem melhorar as condições de produtividade em relação ao meio ambiente, principalmente com relação ao uso sustentável dos recursos hídricos. Dentre os novos cultivos podemos destacar o de microalgas, que se caracteriza por utilizar pequenos espaços, bem como pouca água no processo produtivo, além de poder reutilizá-la. A aplicação mais comum das microalgas é na alimentação direta ou indireta de algumas espécies de organismos utilizados na aquicultura que apresentam interesse econômico, mas ao longo dos anos vem crescendo o seu uso na alimentação humana e de animais domésticos e de criação, bem como indicadores ambientais. Vale ressaltar que as microalgas são bastante utilizadas pela indústria farmacêutica, devido as substâncias bioativas encontradas nelas, principalmente para a fabricação de fármacos, nutracêuticos e cosméticos.

Nossos projetos têm mostrado que os incentivos a pesquisas científicas podem transformar elementos da nossa rica biodiversidade em valiosos produtos de mercado, em áreas como de medicamentos, alimentos, cosméticos, pesticidas naturais e solventes. Baseados no conhecimento científico desenvolvido, os gestores do estado do Ceará poderão construir novas estratégias tecnológicas, contribuindo para otimizar a pesca artesanal em seus aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos. Visto que o nosso estado possui uma rica biodiversidade de recursos pesqueiros e estes demonstram um enorme potencial biotecnológico para ser utilizado nos mais diversos setores da atividade econômica. Desta forma, o Programa Cientista Chefe é parte fundamental de uma política científica que enfatiza e nutre o engajamento da universidade na busca por soluções para as demandas sociais.

O Programa Cientista Chefe da Pesca Artesanal contribui para solucionar problemas históricos ligado a pesca artesanal, que apesar de toda importância e contribuição para a sociedade, economia e meio ambiente, sequer possui uma estatística atualizada. Nesse contexto, o programa fornecerá subsídios para que políticas públicas possam garantir uma melhor agregação de valor aos seus produtos e propicie uma renda mínima e um comércio justo no setor. Desta forma, enfrentaremos os problemas sociais comuns a atividade, possibilitando que os pescadores consigam usufruir dos benefícios das inovações tecnológicas, sociais e legais disponíveis, superando às diversas limitações que estas populações enfrentam para conseguir acessá-las.

Nos diversos campos de atuação da biotecnologia, podemos exemplificar, as macroalgas, que são fontes de biomoléculas e oferecem uma variedade de atividades biológicas, destacando-se a atividade antimicrobiana, que pode ser alternativa a compostos antibióticos sintéticos.

As grandes questões necessárias para a construção de políticas públicas para a pesca artesanal, não só no estado do Ceará, mas no país inteiro, perpassa pela retomada da estatística pesqueira pelo governo federal, a qual nos permite obter dados gerais e específicos sobre a produção. Como também, a necessidade de informações quanto ao gênero, idade, situação social, tecnologias usadas e informações jurídicas de pescadores e marisqueiras. Portanto se faz necessário traçar o perfil técnico, socioeconômico e legal dos trabalhadores do mar.

Os recursos pesqueiros também devem ser trabalhados com enfoque na segurança alimentar, uma vez que, involuntariamente, o setor aquícola e pesqueiro acarreta para si a responsabilidade de produzir e comercializar produtos saudáveis para o consumo o humano. Dedicamos parte do programa a investigar a concentração de metais no pescado destinado ao consumo, pois esta concentração que vem sendo associada à um aumento da exposição humana, inclusive gerando consequências como o banimento da exportação de pescado para o mercado europeu, gerando impactos à segurança alimentar, à saúde pública e prejuízos aos setores produtivos associados. Dessa forma, o programa mostra o comprometimento do governo do estado em atender as demandas para retomada do desenvolvimento do setor aquícola e pesqueiro cearense e a seguridade alimentar.

Apesar da grande contribuição socioeconômica desses setores para a economia do estado, as informações sobre a produção, os custos e valor agregado são bastante limitadas para a aquicultura e quase inexistentes para a pesca, mais uma área de contribuição deste programa.

Estamos conscientes que o Programa Cientista Chefe da Pesca Artesanal e da Aquicultura Familiar foi concebido para investigar, contextualizar e propor soluções para as dificuldades que a aquicultura e a pesca artesanal cearense enfrentam. Com o intuito de cumprir esses propósitos, firmou-se parcerias com a Secretária-executiva da Pesca da Secretaria Estadual do Desenvolvimento Agrário – SDA, para contribuir para que as políticas públicas da pesca artesanal beneficiem o público-alvo.

Objetivos

No cumprimento do objetivo geral do Programa Cientista Chefe, o Programa Cientista Chefe da Pesca Artesanal e da Aquicultura Familiar está composto por 16 pesquisadores distribuídos em 5 grupos de trabalho, que correspondem aos 6 projetos em execução.

O Projeto de Desenvolvimento da Aquicultura no Estado do Ceará tem como objetivo elaborar o Plano Estadual de Desenvolvimento da Aquicultura do Estado do Ceará estudos e projetos para retomada do desenvolvimento da Aquicultura no Estado do Ceará e o Projeto piloto para análise da viabilidade biológica, técnica e econômica do cultivo da garoupa-verdadeira Epinephelus marginatus no Ceará de proporcionar o desenvolvimento de uma nova atividade produtiva na aquicultura cearense, através da avaliação da viabilidade biológica, técnica e econômica do cultivo da garoupa-verdadeira Epinephelus marginatus no Ceará.

Já o Projeto de Inovações Tecnológicas e Sociais para modernização da Pesca Artesanal no Estado do Ceará, tem como objetivo geral apresentar um levantamento bibliográfico que proporcione a identificação de inovações tecnológicas, socias e legais e que permitam a melhoria da qualidade de vida do pescador artesanal do estado do Ceará, assim como a elaboração do perfil socioeconômico-cultural e técnico-legal do pescador artesanal e da pesca artesanal com avaliação biotecnológica de macroalgas do estado do Ceará. Abrangendo a utilização do potencial biotecnológico o Projeto de Cultivo da Microalga Haematococcus pluvialis: Uma Inovação para produtores Rurais no Ceará busca desenvolver um protocolo para implementação de cultivo da microalga Haematococcus pluvialis, visando a produção do pigmento astaxantina como agregador de valor. O Projeto Quantificação da Contaminação do Pescado, Ameaça à Segurança Alimentar pela Exposição Humana e a Sustentabilidade das Cadeias Produtivas da Pesca e Aquicultura no Estado do Ceará foi estruturado para atender a demanda sobre a seguridade alimentar, executando a avaliação da contaminação dos produtos da pesca e da aquacultura por metais, mercúrio (Hg), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) e sulfitos e da exposição e do risco humano associado ao consumo de organismos aquáticos contaminados por metais. Por fim, há o Projeto Modelo de Avaliação da Contribuição Socioeconômica da Cadeia de Valor da Pesca e Aquicultura na Economia do Estado do Ceará.

Principais Resultados

O projeto elaborou o Plano Estadual de Desenvolvimento da Aquicultura para ser utilizado como gerador de políticas públicas para o setor aquícola estadual, e mais sete projetos; Projeto de Laboratório de Produção Alevinos de Peixes Marinhos do Estado do Ceará, Projeto de Qualificação de Aquicultores em Maricultura, Projeto de Cultivo de Peixe Marinho (Garoupas) em Viveiros Escavados em Fazendas de Carcinicultura, contemplando os aspectos técnicos e econômicos e o Projeto de cultivo de macroalgas no estado do Ceará, contemplando os aspectos técnicos e econômicos. Todos os oito produtos apresentam proposta para o governo que

colaboram e contribuem para retomada do desenvolvimento da Aquicultura no estado do Ceará.

O projeto piloto para análise da viabilidade biológica, técnica e econômica do cultivo da garoupa-verdadeira Epinephelus marginatus no Ceará está em andamento, mas de forma geral cumpriu a finalidade de prospectar e identificar oportunidades de novos negócios para empreender no setor aquícola e satisfazer a demanda de implementação de inovações tecnológicas sustentáveis que permitem combinar desenvolvimento econômico e benefícios socioambientais para o estado do Ceará.

O projeto realizou com êxito o primeiro transporte de juvenis da espécie para o estado, atestou a capacidade da garoupa-verdadeira Epinephelus marginatus, uma espécie subtropical, de adaptar-se ao clima quente e seco do nordeste brasileiro. Até o 220° dia de execução do projeto, os índices de desempenho zootécnico apontavam para resultados promissores (Figura 1). Porém, após este período, a carência de recursos para manutenção da execução do projeto causou a descontinuidade da alimentação com ração comercial e a necessidade da oferta de "trashfish", o que prejudicou esse resultado.

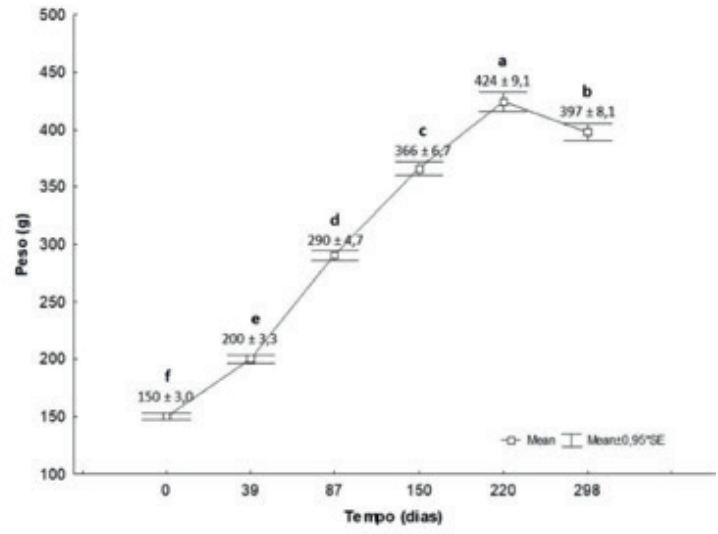


Figura 1: Desempenho zootécnico da garoupa-verdadeira Epinephelus marginatus em sistema de gaiola inserida em tanques suspenso e recirculação de água. Fonte: elaborado pelos autores.

Em geral o projeto constituiu parcerias institucionais (SEDET) e privadas (Prime Seafood), procedeu consultorias para planos de negócios e reacendeu e oportunizou discursões científicas sobre o tema em eventos renomados.

No Projeto de Inovações tecnológicas e sociais para a modernização da Pesca Artesanal foram identificadas diversas inovações que visam melhorar a vida do pescador artesanal do estado do Ceará. Por se tratar de um trabalho

multidisciplinar, são apresentados resultados na área biotecnológica, de processos, socioeconômicos e conhecimentos legislativos pertinentes ao setor.

No âmbito biotecnológico, é notória a importância da tecnologia para atender a demanda por produtos pesqueiros, contribuindo para o desenvolvimento econômico, através do processamento de agregação de valor e reaproveitamento de subprodutos que gerem outros compostos, e assim foram entregues cinco modelos de inovações como: potencial biotecnológico do pepino do mar (Sea cucumber); animais aquáticos com importância médica e potencial biotecnológico; propriedades biológicas das toxinas presentes na peçonha e no muco do bagre; obtenção de material colagenoso oriundos de subprodutos de pescado e obtenção e purificação de óleo de pescado.

Atualmente, está sendo realizado um estudo de macroalgas marinhas, coletados em alguns municípios do litoral Cearense (leste e oeste), visto que além de abundantes, as algas são um importante recurso tanto na perspectiva ambiental, social e econômico. Estas mantêm o equilíbrio biológico nos ambientes aquáticos e se faz necessário investigar o potencial de suas biomoléculas e a atividade antibacteriana e antibiofilme.

Na área social as inovações elencadas perpassam pelo incentivo à produção, comercialização, assistência técnica, saúde, associativismo e cooperativismo, seguridade social, educação, meio ambiente, segurança do trabalho, segurança alimentar, empoderamento feminino e comunitário. A seguir, citamos modelos de inovações que foram aplicados com êxito em outros estados, e tais ações são viáveis e podem ser benéficas ao estado do Ceará.

Dentre as inovações sugeridas, temos o projeto Pescaraguaia em Tocantins, o Propesca que ocorre em Tocantins, Pará e Roraima e o Manejo comunitário de Mamirauá no Amazonas, voltados ao manejo participativo, promovendo a conservação dos recursos pesqueiros com ênfase no envolvimento comunitário, gerando renda e melhorando a qualidade de vida das comunidades pesqueiras, aliando pesca sustentável ao aumento de rendimento dos pescadores. Também foi descrito sobre a Casa de Cultura Cavaleiro de Jorge em Goiás um espaço democrático para as manifestações da cultura popular tradicional, fazendo com que comunidades pouco ouvidas pelo poder público pudessem erguer a voz e mostrar toda sua sabedoria. Representação da riqueza do patrimônio cultural imaterial produzido no Brasil. Salientando que todos esses projetos citados, podem ser adaptados a realidade da pesca artesanal do Estado do Ceará.

Em relação as tecnológicas produzidas selecionamos três inovações com ênfase nos campos de processos, organizações e marketing (artes de pesca, embarcações, associativismo, cooperativismo, comercialização etc.) como: o co-manejo que incentiva a pesca responsável e resulta em melhorias na gestão através do conhecimento local. O monitoramento da pesca com o uso de aplicativos, uma tecnologia inovadora e de baixo custo, que gera dados que podem suprir à falta de informações e serem utilizados para formulação de políticas públicas e o Comércio justo (fair trade) que cria oportunidades de mercados levando em consideração as

questões sociais, econômicas e ambientais, trazendo uma remuneração justa aos pescadores, suprimentos, garantia de responsabilidade social, melhorias no gerenciamento da pesca e incentivo à participação dos usuários.

Na parte legal, contribuímos com um diagnóstico do Marco Regulatório explorando a pesca artesanal em âmbito Federal e Estadual relatando a luta desses pescadores até os dias atuais. Foi explanado toda a evolução histórica organizacional do setor pesqueiro no Brasil e no estado do Ceará. Além do histórico da formulação e reconhecimento do conceito jurídico de pesca artesanal no Brasil, também foi abordado de forma minuciosa o marco regulatório Federal e Estadual com as principais leis ordinárias, instruções normativas, decretos-lei, decretos, medida provisória, caracterização das espécies, regras especiais para pesca da lagosta e do pargo e alguns direitos previdenciários. Durante a celebração do Ano Internacional da Pesca e Aquicultura Artesanais das Organizações das Nações Unidas – ONU em 2022, foi publicado pela editora INESP, o livro digital "Direitos e Deveres do Pescador Artesanal do Estado do Ceará – Manual de orientação para regularização da atividade pesqueira", facilitando o acesso as orientações para a regularização da atividade pesqueira.

Salienta-se que está sendo montado um ebook inédito, com o resultado do perfil socioeconômico-cultural e técnico-legal do pescador artesanal e da pesca artesanal tanto do litoral leste e oeste do nosso estado.

No projeto de Cultivo da Microalga Haematococcus pluvialis, uma Inovação para produtores Rurais no Ceará, foi realizado o cultivo em laboratório (Figura 2) e já foi possível extrair a astaxantina a partir deste experimento.

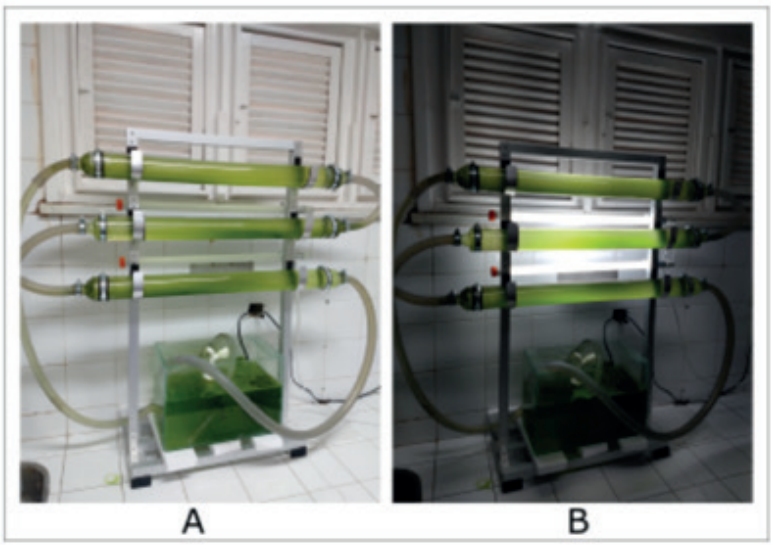


Figura 2: Fotobiorreator utilizado no cultivo da microalga H. pluvialis, mostrando A – luz apagada e B – luz acesa.
Fonte: elaborado pelos autores.

Para produzir a astaxantina, a microalga H. pluvialis é necessário realizar um estresse através de mudança nas condições ambientais de cultivo, no nosso caso foi o aumento na intensidade luminosa de 50 para 150 µmol m-2 s-1. Assim a microalga atinge uma coloração avermelhada, mostrando que está ocorrendo a síntese de astaxantina. Durante todo o período do trabalho, foram filtrados aproximadamente 350 litros de cultivo com a microalga apresentando a síntese de astaxantina, desses obtivemos aproximadamente 140 g de biomassa seca da microalga, o que dá uma produtividade aproximada de 0,4 g de biomassa seca, por litro de cultura. A astaxantina produzida possui propriedades anti-inflamatórias e antioxidante, além de contribuir amplamente para a melhora do sistema imunológico para seres humanos e animais, possuindo diversas propriedades protetoras contra inflamação, úlcera, câncer, neurodegeneração, diabetes e doenças cardiovasculares.

A astaxantina contida na microalga pode ser comercializada em forma de pó liofilizado da microalga, ou pura, através da extração da célula. . A estimativa para o mercado global da astaxantina é avaliado em US$ 1.371,24 milhões em 2020 e com uma expectativa de crescimento a uma taxa anual de 16,8% de 2021 a 2028. O crescimento do mercado se deve a alta demanda por nutracêuticos devido às suas propriedades antioxidantes, bem como aumento da demanda na aquicultura e indústria de alimentação animal.

Já o levantamento realizado pelo Projeto de Quantificação da Contaminação do Pescado, Ameaça à Segurança Alimentar pela Exposição Humana e a Sustentabilidade das Cadeias Produtivas da Pesca e Aquicultura no Estado do Ceará mostra que o Ceará ocupou em 2021 o terceiro lugar em volume de pescado exportado pelo Brasil (9.620 toneladas exportadas), e o primeiro lugar em valores monetários (US$110.653.182). Utilizando os dados de exportação por espécie entre 1997 e 2021 2, e dados de espécies desembarcadas entre 1978 e 2007 3 foi elaborada uma lista das principais espécies comercializadas no estado que é a base para o desenvolvimento do projeto. Essa lista integra o "Inventario justificado das espécies de pescado de maior interesse e risco de contaminação (Hg e Cd) no Estado do Ceará" *que configura o primeiro dos produtos previstos no projeto.

Foram realizadas visitas aos principais entrepostos de comercialização de pescado na cidade de Fortaleza, incluindo os distribuidores localizados no entorno do Mercado São Sebastiao que juntos recebem parte da produção de pescado do estado do Ceará e de outros estados, incluindo Maranhão, Rio Grande do Norte e Pará. Foram coletadas, até o momento, 66 amostras de pescado comercializados no Ceará e provenientes de seis regiões (Fortaleza, Acaraú, Aracati e Itarema; e os estados do Maranhão e Rio Grande do Norte), e que inclui 21 espécies de pescado provenientes da pesca extrativista e aquicultura. Nessas amostras foram quantificadas as concentrações de Hg e Cd. Os teores médios de Hg observados até o presente momento estão abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira 4 (1,0 mg.kg para espécies predadoras e 0,5 mg.kg para as demais). As maiores concentrações médias (> 0,5 mg.kg-1) foram observadas em elasmobrânquios, incluindo Raia manteiga (Hypanus americanus), Raia bico-de-remo (Hypanus guttatus), Cação-lixa (Ginglymostoma cirratus), Cação-tigre (Galeocerdo curvier) e Cação-boca-de-velha (Mustelus canis), e espécies de peixes oceânicos de grande

porte como Albacora (Thunnus alalunga) e Dourado (Coryphaena hippurus). Crustáceos, moluscos e produtos da aquicultura apresentaram as menores concentrações médias de Hg, sugerindo baixo rico de exposição pelo seu consumo. Os teores de Cd quantificados até o momento estão abaixo do limite de detecção do equipamento (LOD = 0,014 mg.kg). A figura 6 descreve graficamente os níveis de Hg por espécie comercializada e sua importância para o setor produtivo cearense.

Apesar dos níveis observados estarem, em média, dentro do permitido pela legislação brasileira, as estimativas preliminares de risco de exposição ao Hg mostram que é necessária uma restrição moderada do consumo para algumas espécies. Isso ocorre devido ao risco de exposição depender não só das concentrações de Hg no pescado, mas também da frequência e quantidade consumida. Dessa forma, estão sendo elaborados gráficos descrevendo as quantidades seguras de consumo mensal de cada espécie de pescado em função do peso corpóreo dos consumidores.

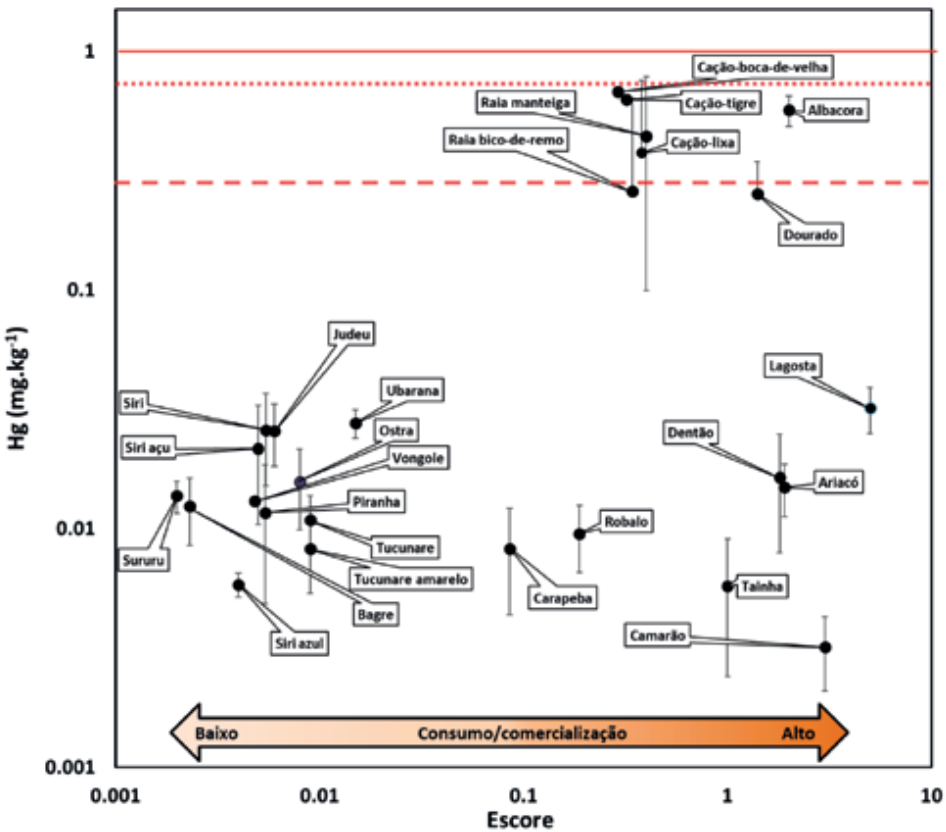


Figura 3: Concentração de Hg em pescado do estado do Ceará e importância comercial para o consumo das espécies. Linhas pontilhada e sólida refere-se aos limites máximos de concentração de Hg estabelecidos pela ANVISA para peixes não-predadores (0,5 mg kg-1) e predadores (1,0 mg kg-1), respectivamente. Linha tracejada é a concentração de referência a partir do qual deve haver uma restrição no consumo (FSL = 0,28 mg kg-1, USEPA 2001). Fonte: elaborado pelos autores.

Projeto Modelo de Avaliação da Contribuição Sócioeconômica da Cadeia de Valor da Pesca e Aquicultura na Economia do Estado do Ceará gerou uma figura (Figura 4) com os indicadores econômicos referentes a cadeia produtiva da pesca artesanal na enseada do Mucuripe, Fortaleza/CE. Trata-se de um painel de bordo (dashboard) do modelo econômico, cujo desenvolvimento foi realizado com o apoio do software MS Power BI. Para facilitar a construção do modelo econômico e a operacionalidade do Dashboard, os dados foram organizados, por arte de pesca, além de uma categoria denominada todas as artes de pesca, para se conseguir obter totais das artes de pesca. Em seguida, os dados foram transferidos para o Power BI, onde puderam ser transformados no Dashboard. Esta ferramenta possibilita uma apresentação mais dinâmica dos dados. O modelo econômico se baseia no Método dos Efeitos, cuja metodologia permite o cálculo dos efeitos diretos e indiretos da cadeia produtiva, bem como a análise de diversos indicadores econômicos de impacto relacionados ao crescimento econômico, a distribuição da renda, as finanças públicas e ao comércio exterior.

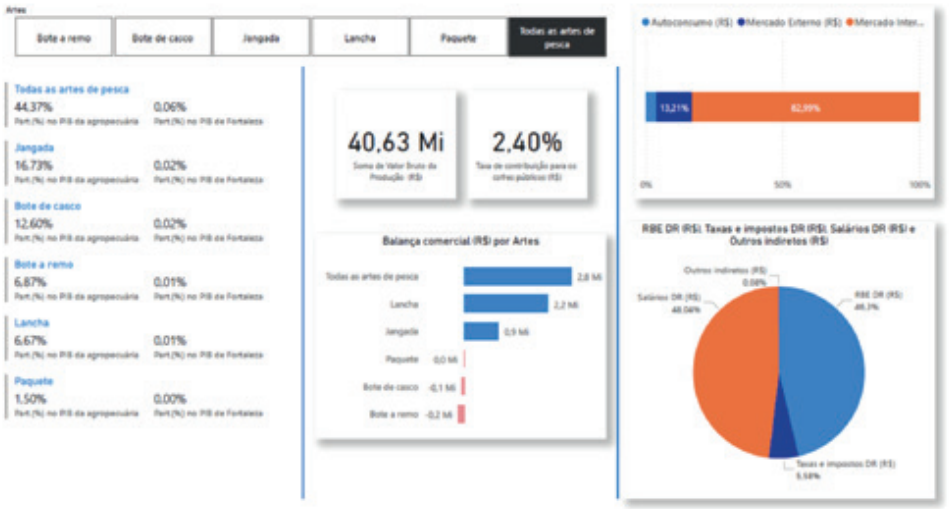


Figura 4: Dashboard com indicadores econômicos. Fonte: Dados da pesquisa (2022). Fonte: elaborado pelos autores.

O Dashboard foi desenvolvido em 5 etapas: fase 1, definição dos agentes da cadeia de valor; fase 2, construção das contas de produção-exploração dos agentes (análise financeira); fase 3, consolidação da conta de produção-exploração da cadeia de valor (análise econômica); fase 4, cálculo dos efeitos diretos, indiretos e primários; e fase 5, critérios de avaliação de impacto da contribuição da cadeia de valor na economia. Na Figura 7 pode-se observar informações referentes a categoria todas as artes de pesca. Conforme os gráficos, todas as artes de pesca juntas contribuem com 0,06% para o produto interno bruto (PIB) de Fortaleza e com 44,37% para o PIB da agropecuária. Como são poucas e com baixa produção as áreas de cultivo rural em

Fortaleza, a pesca acaba se destacando no setor primário do município (CDC, 2011). Observa-se ainda que a produção total das 5 embarcações se soma R$ 40,63 milhões. Dessa produção, 82,99% ficaram no mercado interno e 13,21% foram para o mercado externo. O saldo cambial líquido foi de R$ 2,8 milhões, indicando um superávit da balança comercial. A taxa de contribuição para as finanças públicas equivale a 2,40%, indicando uma transferência para as finanças públicas.

Por fim, a maior parte da renda foi distribuída em forma de salários (48,04%), seguida pelo RBE (Resultado Bruto da Exploração) (46,30%), taxas (5,58%) e outros indiretos (0,08%). De modo que salários e o RBE somados representam a maior parcela da distribuição de renda (94,34%). Isso indica grande capacidade de geração de renda, tanto para as famílias, quanto para os proprietários das embarcações.

Assim, ao clicar em cada uma das artes, serão apresentadas todas essas informações por tipo de embarcação – bote a remo, bote de casco, jangada, lancha e paquete.

Considerações Finais

O Programa Cientista Chefe da Pesca Artesanal e da Aquicultura Familiar vem apresentando resultados bastante satisfatórios em relação aos objetivos dos Projetos que o englobam. Já foram apresentadas políticas públicas (Plano de Desenvolvimento da Aquicultura); propostos exemplos de diversificação da matriz produtiva (microalgas e garoupas); identificadas inovações tecnológicas que podem vir a melhorar a vida dos pescadores artesanais (produtos, processos e sociais); sugeridas recomendações para um consumo saudável e seguro de pescado e estão sendo mensuradas as contribuições econômicas das cadeias produtivas da pesca e da aquicultura para o estado do Ceará. Há ainda muitos desafios, dentre os quais podemos citar a continuidade das ações atualmente em curso e a ampliação de novas atividades; a incorporação dos resultados do Programa por parte da administração pública em suas diversas secretarias envolvidas com a temática; o comprometimento da iniciativa privada em alavancar investimentos para diversificar a matriz produtiva e melhorar a produtividade e a rentabilidade das atividades; dentre outros.

Ciência e Inovação na Infraestrutura Viária do Ceará

Jorge Barbosa Soares

Colaboradores
Lucas F.A.L. Babadopulos
Juceline B.S. Bastos
Suelly H.A. Barroso
Francisco Heber L. Oliveira

RESUMO

O Cientista Chefe de Infraestrutura Viária tem como objetivo integrar academia e administração pública na área viária sobretudo, mas também em outras infraestruturas. Isso é feito a partir da identificação dos principais desafios apresentados ao poder público e de que forma a ciência pode contribuir nos seus enfrentamentos, qualificando a demanda do governo em termos precisos, sob a forma de projeto de pesquisa aplicada com transferência de tecnologia e/ou projeto de inovação. No que diz respeito à qualidade e à longevidade das obras viárias no estado, busca-se desenvolver tecnologias voltadas à infraestrutura. Há 2 subprojetos em curso em parceria com o Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE-CE), visando desenvolver e apoiar perícias, bem como promover transparência e eficiência governamental: (i) Tecnologia para implementação de atividades de perícia em obras rodoviárias do Ceará visando ao controle de qualidade dos pavimentos e (ii) Ferramentas de avaliação da qualidade de rodovias do estado do Ceará. Das ações atuais, destacam-se: avaliações periciais em rodovias cearenses; desenvolvimento da lógica de identificação de não conformidade entre projeto e obra; aprimoramento de ferramentas e tecnologias de acompanhamento automatizado da qualidade dos pavimentos, visando à transparência e à participação ativa da população. Outros 3 projetos foram finalizados com diferentes parceiros, particularmente a Superintendência de Obras Públicas (SOP-CE) e a Controladoria Geral do Estado (CGE-CE): (i) Revisão e proposição de normas da SOP, incluindo dimensionamento de pavimentos; (ii) Indústria 4.0 – transformação digital na área de infraestrutura rodoviária: ações de tecnologia ligadas à gerência de pavimentos; e (iii) As built: levantamentos-piloto para comparativos projeto-obra. Os projetos se utilizam de tecnologias de Ciência de Dados e de Inteligência Artificial. Os principais resultados dos projetos finalizados foram: elaboração de normas e manuais de melhores práticas para a realidade de obras rodoviárias no Estado do Ceará; indicação de materiais inovadores; tecnologias para classificação automatizada de defeitos em pavimentos, incluindo potencial para incremento de transparência e para aproximar os cidadãos das atividades dos órgãos de controle; mapeamento da conservação de pontes cearenses; proposta de caracterização acelerada e não destrutiva de materiais de infraestrutura; e levantamentos-piloto comparativos entre projetos e obras executadas. O conjunto dos projetos finalizados e aqueles em curso contribuem para o desenvolvimento de tecnologias maduras, que fornecem alternativas para auxiliar os tomadores de decisão a prover qualidade às rodovias ofertadas à sociedade com custos menores. A título de ilustração, em apenas uma das obras analisadas, detectou-se uma inconsistência de valor financeiro de ordem de grandeza semelhante ao valor total do projeto de pesquisa. Ou seja, em uma única ação de 1 dos 5 projetos, o valor investido em pesquisa pode ter sido completamente retornado aos cofres públicos, o que reforça a importância para a sociedade e a eficiência do investimento em pesquisas em infraestrutura.

Introdução

As rodovias brasileiras são base para o transporte de mais de 60% das mercadorias e de mais de 90% dos passageiros, sendo essenciais para a economia nacional e para o desenvolvimento regional. No Ceará, há cerca de 8,5 mil km de rodovias estaduais e 2 mil km de rodovias federais. Nas rodovias estaduais, o investimento anual é da ordem de R$ 1 bilhão, distribuídos em duplicações, implantações, manutenções e reabilitações. Somente o Programa de Logística e Estradas do Ceará, o Ceará de Ponta a Ponta, entregou 2.518 km desde 2015, com um investimento de R$ 2,1 bilhões. A ordem de grandeza do valor pago pelo poder público para a construção de rodovias estaduais é de R$ 1 milhão por km de faixa de rodovia construída, em média, incluindo administração, drenagem, obras de arte especiais como pontes etc., e sem diferenciação entre tipos de revestimentos, sendo cerca de 2/3 dos revestimentos tratamentos superficiais e 1/3 concretos asfálticos, com poucas exceções (SOP, 2021).

A Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2022) aponta que é comum o aparecimento de defeitos como buracos e trincas em cerca de 7 meses após abertura de trechos de rodovias brasileiras (CNT, 2017). Indica ainda que, nos 50 mil km de rodovias nacionais, há demanda de investimento público anual estimado em cerca de R$ 12 bilhões, sendo que apenas metade desse recurso é empregado (CNI, 2022). Em outras palavras, a infraestrutura rodoviária é essencial para o país em geral e para o desenvolvimento socioeconômico regional em particular, e se trata de um patrimônio bilionário cuja manutenção é extremamente vultosa.

Mesmo considerando a existência de um desequilíbrio modal de transportes no Brasil, em favor do modo rodoviário, ainda há grande déficit de infraestrutura rodoviária. Somado a esse desequilíbrio, o investimento econômico aplicado em infraestrutura no país é usado de maneira ineficiente, havendo necessidade de importantes intervenções, por vezes mesmo a reconstrução, antes do esperado, o que não é muito diferente no caso particular do Ceará. Todavia, com o intuito de solucionar essas deficiências, tem sido construída uma rede de trabalho que envolve a academia, empresas de fornecedores de materiais, de projeto e de construção, além de órgãos do governo nas diferentes esferas, incluindo agentes de controle. É notável que no Ceará há recursos humanos qualificados e tecnologias inovadoras especificamente neste setor, além de uma riqueza de dados, ainda sendo estruturados, em diferentes frentes, tanto de matérias-primas disponíveis quanto de informações sobre a deterioração das nossas rodovias. Ou seja, o estado tem potencial para atacar de maneira inteligente os problemas relacionados a infraestrutura.

Para além de ser um setor de grande volume de recursos, a engenharia viária possui complexidades na caracterização dos materiais, na previsão das cargas (tráfego), nos efeitos do clima e do tempo sobre a resposta estrutural do sistema de camadas, e na qualificação da infraestrutura física e de pessoal, além de constantes dessintonias entre projeto e execução. Essas dessintonias, somadas ao limitado controle tecnológico de obras de pavimentação comparativamente a outras obras de engenharia, podem comprometer o desempenho ao longo do tempo, afetando

negativamente tanto o custo quanto a qualidade do produto, o que é percebido pelos usuários. Esses fatores dificultam o melhor aproveitamento da caracterização avançada de materiais em laboratório e de sistemas recentes de projetos de obras viárias. Faz-se, portanto, necessário adotar métodos eficazes baseados em conhecimentos atualizados, bem como uma rotina de fiscalização tanto da qualidade técnica quanto da aplicação dos recursos, tendo como referência descobertas científicas recentes e as melhores ferramentas disponíveis.

Quanto à fase de projeto das obras de infraestrutura, sublinhe-se, por exemplo, que os métodos de projeto de pavimentos adotados no Ceará são baseados em metodologias empíricas dos anos 1960, calcadas em conhecimentos dos anos 1920. Tais metodologias estão em curso de serem substituídas nacionalmente desde 2018 e vêm sendo abandonadas em países desenvolvidos há décadas (desde os 1960 na França e os 1990 nos EUA, por exemplo). No caso dos tratamentos superficiais, empregados como revestimentos de rodovias de baixo volume de tráfego (RBVT) no Ceará, estimou-se potencial perda de mais de R$ 5 milhões em 2021, somente em função dos processos inadequados de dosagem que podem provocar a perda excessiva de agregados.

Quanto à fase de construção, diversos países têm adotado métricas que podem punir o contratado quando um certo índice de eficiência não é atingido (Taute, 2008). Essa prática também vem sendo adotada em rodovias sob concessão no Brasil, com intuito de identificar evidências quanto às execuções inadequadas, que podem reduzir o desempenho e a vida útil do pavimento, com consequente desperdício de recursos e necessidade de intervenções precoces na via (EcoRodovias, 2021). Sendo assim, os projetos desenvolvidos no âmbito do Cientista Chefe objetivam abreviar tais problemas com incremento de nível de maturidade tecnológica e com uso de soluções que possam ser rapidamente absorvidas pela prática.

Quanto à fase de monitoramento, ou seja, o acompanhamento da qualidade das nossas rodovias, é importante ressaltar a riqueza de dados coletados anualmente sobre conservação. No Ceará, são obtidas mais de 8 milhões de imagens de pavimentos por ano desde 2015. Trata-se de um censo anual da qualidade da malha viária. São fotografias de excelente qualidade, para cada metro de rodovia cearense, todos os anos. Essas imagens são analisadas de maneira analógica por engenheiros e técnicos experientes na classificação de defeitos como buracos, remendos e trincas em diferentes níveis de severidade, havendo grande investimento de tempo nessa atividade. Foi detectado no Programa Cientista Chefe de Infraestrutura um claro potencial para automatização com o uso de ferramentas mais tecnológicas, com uso de Ciência de Dados e Inteligência Artificial, que permitam uma maior eficiência dos processos de controle na administração pública. Nesse contexto de disponibilidade de dados não estruturados, os projetos foram desenvolvidos originalmente junto ao antigo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Ceará (DER-CE), órgão posteriormente incorporado à Secretaria de Obras Públicas (SOP-CE). Sabe-se que o sucesso de ações de inovação depende da qualidade das trocas e da colaboração entre os agentes envolvidos e esse desafio foi buscado a despeito das dificuldades impostas pela pandemia. Durante os dois primeiros anos

do projeto, foi identificada uma dificuldade de alinhamento entre a SOP e o grupo do Programa Cientista Chefe para alavancar inovações para o setor. Cientes da absoluta necessidade de integração entre as equipes de gestão, técnicos e pesquisadores para reforçar a implementação dos resultados de inovação pública gerados, as equipes passaram a redesenhar os projetos junto ao Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE-CE), que prontamente as acolheu e vem atuando na definição de matrizes de prioridades de avaliação das rodovias, nas avaliações da qualidade dos pavimentos cearenses e no acompanhamento das soluções tecnológicas em desenvolvimento.

Nesta nova fase, partiu-se então de dados disponíveis no Estado do Ceará, organizando-os, bem como coletando dados novos e incluindo dados obtidos com ferramentas de baixo custo (particularmente smartphones). Os dados são referentes à qualidade dos pavimentos e dos materiais envolvidos nas obras sob análise do TCE, desenvolvendo-se e incrementando-se uma diversidade de soluções com diferentes níveis de maturidade tecnológica para o cotidiano do controle de obras. O projeto está em desenvolvimento desde março de 2022, com ativa participação de engenheiros e outros técnicos do Tribunal, aprimorando tecnologias em nível de protótipos desenvolvidas na rodada anterior de projeto com a SOP (Paz et al., 2020; Sousa et al., 2021). Agora, a ideia é dotar aparelhos smartphones com tecnologias de acompanhamento da qualidade dos pavimentos de mais fácil uso e apresentar os resultados de maneira mais simples para usuários e gestores (Serafim et al., 2022a; Serafim et al., 2022b), além de elevar a maturidade tecnológica de ensaios não destrutivos para futuras aplicações em campo (Bezerra et al., 2022a; Bezerra et al., 2022b). Foram realizadas análises de sensibilidade, a partir do uso de métodos convencionais e mais avançados de dimensionamento, que auxiliarão na redução de perdas vultosas de recursos por parte do Governo do Estado devido a deficiências de projeto, causada pela adoção no Ceará de tecnologias sabidamente ultrapassadas. Além disso, estão previstas análises de custos de ciclo de vida, que comuniquem transparentemente à sociedade o volume de investimentos realizados, a qualidade de fato recebida nas rodovias, e o que se deveria esperar em cenários de boa qualidade de infraestrutura em termos de custos. Sendo assim, os projetos do Cientista Chefe de Infraestrutura desenvolvem sintonia entre Governo e Ciência para incrementar a transparência na administração pública e na eficiência governamental.

No desenvolvimento dos projetos, buscou-se intensificar o uso de novas tecnologias (das áreas de Ciência de Dados e Inteligência Artificial, IA) capazes de automatizar algumas das atividades ligadas ao processo de anteprojeto, de projeto e de gestão das infraestruturas rodoviárias, tais quais: a avaliação de jazidas de matérias-primas; a obtenção de propriedades avançadas de materiais para projeto, a partir de sistemas computacionais construídos através de aprendizado de máquina (machine learning); a avaliação da disponibilidade de materiais inovadores/sustentáveis para pavimentos; a classificação de defeitos em pavimentos; e o mapeamento da conservação de pontes.

Sistemas de Inteligência Artificial (IA) podem ser treinados para melhoria de diversas atividades, incluindo a de detecção automática de defeitos, já havendo ferramentas comerciais internacionalmente, ainda que raras (Manual do Usuário

Roadway, 2022). Entre os principais benchmarks, a start-up RoadBotics desenvolveu um software de detecção automática de defeitos e de apresentação amigável dos resultados para malhas viárias, e foi recentemente adquirida pela companhia multinacional Michelin (Michelin, 2022), tendo sido premiada diversas vezes pela Associação Americana de Engenheiros Civis (ASCE, 2022). Este tipo de desenvolvimento depende de criação de conhecimento, o que depende de desenvolvimentos acadêmicos prévios, entre os quais se destacam os de Howard et al. (2017), Maeda et al. (2018), Majidifard et al. (2020) e Arya et al. (2021), e nacionalmente Destri Junior et al. (2019) e Nascimento et al. (2022).

No âmbito do Programa Cientista Chefe, foi possível um investimento em equipamentos avançados de laboratório, essenciais para atividades de apoio ao acompanhamento de obras, assim como para ensaios em campo, incentivando o desenvolvimento de novas e eficientes técnicas de ensaio acelerado. Além disso, fomentou-se, por meio de bolsas, uma equipe multidisciplinar, com interação relevante das equipes de Engenharia Civil com as de Computação na Universidade Federal do Ceará (UFC), contando ainda com integrantes de outras instituições, públicas e privadas do nosso Estado. Essas ações beneficiam o ecossistema de Pesquisa e Desenvolvimento cearense na área de tecnologia para gerência de pavimentos, produção de conhecimento e captação de recursos, colocando o Estado em posição privilegiada nacionalmente quanto à maturidade científica/tecnológica. Devido a isso, há potencial de criação de novos grupos de pesquisa competentes na interação com o governo e com a indústria, incluindo um laboratório de aquisição, análise e visualização de dados para a infraestrutura (hardware e software). Há, ainda, potencial para o surgimento de spin-offs acadêmicas a partir das tecnologias desenvolvidas.

Em suma, ao longo dos projetos anteriores, houve desenvolvimento de métodos, de tecnologias, de manuais de melhores práticas e ainda apoio à recuperação de recursos investidos em rodovias com falhas construtivas no estado do Ceará. Nos novos projetos, tecnologias inovadoras para pavimentação vêm sendo criadas em parceria com o TCE e vem-se investindo em ações de transparência e de métodos de identificação de desvios que permitam a ação mais rápida, clara e eficiente por parte do tribunal. Como fechamento desta Introdução, sublinha-se uma mensagem muito importante para a sociedade: investimentos em pesquisa se pagam. Apenas a título de ilustração, em somente uma das obras investigadas, detectou-se uma inconsistência em camada de base (abaixo da camada de revestimento, portanto oculta no pavimento construído) de valor de ordem de grandeza semelhante ao valor total do projeto de pesquisa. Havia sido construída com 9% de agregado graúdo em vez dos 50% esperados em projeto, o que produz dano ao erário na ordem dos R$ 1,6 milhão, considerando apenas material e transporte. Caso a mão de obra fosse incluída, esse valor seria ainda maior. Ou seja, em uma única ação de somente 1 dos 5 projetos realizados, o valor investido em pesquisa pode ter sido completamente retornado aos cofres públicos, o que reforça a importância para a sociedade e a eficiência do investimento em pesquisas em infraestrutura.

Objetivos

O programa tem como objetivo geral integrar academia e administração pública na área viária, conforme Figura 1, identificando os principais desafios existentes e de que forma a ciência pode contribuir no enfrentamento deles, sobretudo no que diz respeito à qualidade e à longevidade das obras no estado, buscando-se desenvolver tecnologias para auxiliar os tomadores de decisão a prover qualidade às rodovias ofertadas à sociedade com custos menores. O conhecimento produzido proporciona retorno aos cofres públicos e uma clara melhoria dos serviços prestados à população, de maneira mais transparente.

Destacam-se os seguintes objetivos específicos, organizados para os subprojetos em andamento e/ou finalizados: (i) propor tecnologias para projetos de qualidade na infraestrutura viária do Ceará que possam auxiliar nas inspeções periciais e transparência de obras públicas locais; (ii) desenvolver ferramentas capazes de potencializar smartphones, ou gadgets em geral, com tecnologias de acompanhamento da qualidade de pavimentos, com possibilidade de participação cidadã e geração de dados de fácil visualização para tomada de decisão por gestores; (iii) contribuir para a revisão/criação de novas normas e análises dos pavimentos do estado do Ceará; (iv) desenvolver ferramentas computacionais que facilitem a interpretação de dados de imagens de pavimentos e a tomada de decisão e (v) executar levantamentos-piloto comparativos entre os projetos e os pavimentos de fato executados no Estado do Ceará.

Figura 1: Integração da academia com os diferentes órgãos da administração pública. Fonte: elaborado pelos autores.

Principais Resultados

As principais entregas realizadas até o momento (dezembro de 2022) pelo Programa Cientista Chefe de Infraestrutura Viária são listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais entregas do Programa Cientista Chefe de Infraestrutura Viária

Projetos	Principais entregas / resultados
Subprojeto 1 (Em curso desde março de 2022) com o TCE	• Laudo funcional e estrutural [acompanhamento do comportamento funcional e estrutural dos pavimentos e extração e caracterização das amostras correspondentes]; • 8 Mapas [mapeamento dos tipos de subleito e das principais jazidas utilizadas nas camadas granulares]; • 2 Procedimentos [metodologia para aferição das distâncias médias de transportes (DMTs) efetivas de obras em comparação às DMTs de projeto e para análises periciais de subcamadas estabilizadas]; • 2 Programas computacionais [melhorias no BackCAP para retroanálise de ensaios FWD, e em um programa para análise da qualidade].
Subprojeto 2 (Em curso desde março de 2022) com o TCE	• Protótipo melhorado de software e novo protótipo para smartphone [Protótipos de detecção de defeitos em pavimentos, ferramentas baseadas em Redes Neurais Convolucionais - RNCs]; • Nova versão de protótipo de equipamento [ensaio não-destrutivo de caracterização avançada de rigidez de materiais para infraestrutura].
Subprojeto 1 (Finalizado – 2019-2021) com SOP/CGE/TCE	• 7 propostas de normas aplicadas à área de pavimentação; 5 notas técnicas; Relatório com sugestão de uso de materiais alternativos; • 6 Manuais de melhores práticas [tratamento superficial, microrrevestimento, lama asfáltica, cape seal, misturas asfálticas densas e imprimação betuminosa]; • 2 Cursos de treinamento [tratamento superficial por penetração e microrrevestimento asfáltico a frio]; • Mapas neurais [Classificação de solos e comportamento mecânico]; • Identificação de materiais inovadores/sustentáveis para a pavimentação; • Implementação de melhorias no programa CAP3D-D; • Mapas temáticos [georreferenciados de materiais aplicados à pavimentação].
Subprojeto 2 (Finalizado – 2019-2021) com SOP/CGE/TCE	• Protótipo de software [detecção de defeitos em pavimentos]; • Protótipo de equipamento [ensaio não-destrutivo de caracterização de rigidez de materiais para infraestrutura]; • Protótipo de software [acompanhamento da saúde estrutural de pontes].

Projetos	Principais entregas / resultados
Subprojeto 3 (Finalizado – 2019-2021) com SOP/CGE/TCE	• Diagnóstico de procedimentos internacionais de controle de obras e dos desvios de itens de obras rodoviárias; • Relatórios técnicos de ensaios e de desenvolvimento de ferramentas do tipo Dashboard para facilitar a governança; • Manual [Melhores práticas para a investigação comparativa entre planejamento e produto executado].

A título de exemplo, um dos programas em desenvolvimento (BackCAP) realiza retroanálises de pavimentos, procedimento utilizado para estimar a rigidez das camadas da estrutura a partir dos resultados de ensaios não destrutivos, como o Falling Weight Deflectometer (FWD) (Huang, 2004). Esse procedimento é importante para avaliar a qualidade (saúde estrutural) da execução do pavimento e monitorá-lo durante a vida útil, sendo, portanto, de extrema valia para o desenvolvimento e a manutenção da infraestrutura de transportes.

O comportamento estrutural do pavimento submetido à ação do carregamento do ensaio pode ser simulado utilizando métodos computacionais, como o Método dos Elementos Finitos (MEF). Essa simulação envolve a solução de sistemas de equações de grande porte, requerendo o uso de programas eficientes para permitir seu uso prático. Na retroanálise, as deflexões simuladas são comparadas às deflexões medidas em campo por meio de um processo iterativo de otimização considerando métodos numéricos, de modo a determinar os módulos resilientes das camadas do pavimento que minimizam a diferença entre as deflexões simuladas e as medidas em campo. No caso do BackCAP, desenvolvido na UFC, isso é feito considerando os métodos de Gauss-Newton e Levenberg-Marquardt (Barroso et al., 2022) e os resultados de deflexões previstos com o software de análise também desenvolvido pela equipe da UFC, o CAP3D.

A comparação entre os módulos obtidos pela retroanálise e os especificados em projeto permite detectar falhas no processo construtivo de rodovias de forma precoce, antes mesmo do aparecimento de manifestações patológicas como trincas, buracos e afundamentos (Scimemi et al., 2016; Kheradmandi e Modarres, 2018). Portanto, é essencial que os órgãos de controle e as empresas especializadas em avaliação de rodovias disponham de programas capazes de realizar retroanálises de forma eficiente e confiável. Assim, a partir dos ensaios de acompanhamento estrutural e desse programa, é possível indicar o grau de comprometimento estrutural das rodovias cearenses. No âmbito do Subprojeto 1 em desenvolvimento com o TCE, uma lógica para programa de avaliação de qualidade também foi desenvolvida para auxiliar na identificação de não conformidade entre projeto e obra.

Quanto a atividades de comparação entre projetos contratados pelo governo do Estado do Ceará e obras executadas, dá-se aqui destaque para as seguintes obras escolhidas em parceria com o TCE: (i) Rodovia CE-417: Av. Perimetral de Sobral, (ii) Rodovia CE-350/Entr. CE-065 (Maranguape) – Tucunduba e (iii) Rodovia CE-155/Porto do Pecém – Ent. BR-222. Os trechos escolhidos totalizam cerca de 47,2 km de rodovias estudadas.

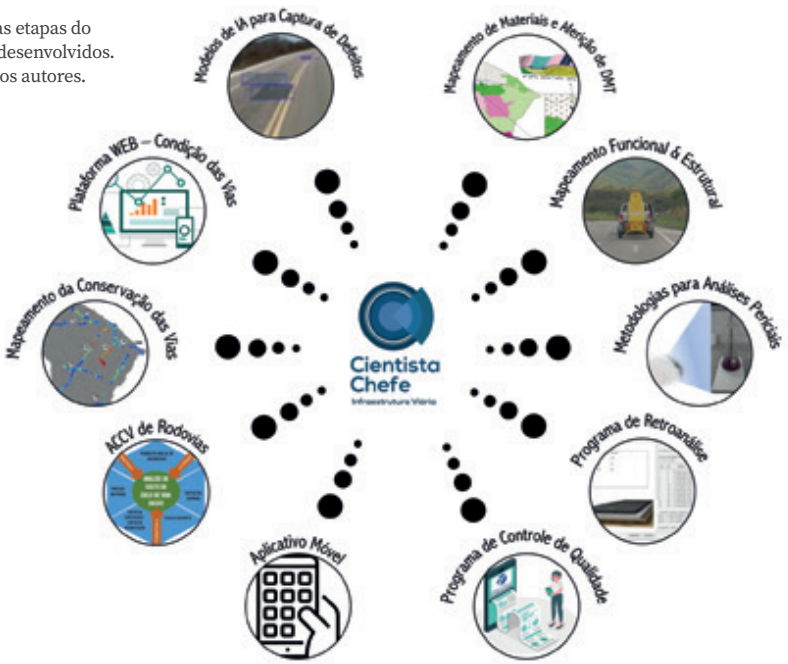
Foram investigados mais de 70 corpos de prova de misturas asfálticas (revestimento) e mais de 2 toneladas de solos e britas extraídos de campo. Algumas inconsistências foram constatadas entre os projetos e as obras, notadamente, nas estabilizações granulométricas (teor de brita nas misturas com os solos) das subcamadas do pavimento e nos teores de ligante, volume de vazios e graus de compactação dos revestimentos asfálticos. A ordem de grandeza dos prejuízos identificados, considerando apenas material e transporte, é de R$ 1,6 milhão, ou seja, a mesma da execução dos subprojetos científicos aqui tratados.

A partir dos resultados listados na Tabela 1, há potencial de ganhos de qualidade e de eficiência nos serviços públicos prestados e na tomada de decisão, tais como:
- Aumentar a eficiência de atividades de levantamento da qualidade da malha viária e viabilizar a participação cidadã em levantamentos descentralizados, por meio de reclamações consubstanciadas com uso de aplicativos;
- Aumentar o controle técnico com vistas à garantia da qualidade e durabilidade, por parte do TCE-CE com relação à fiscalização das obras contratadas;
- Aumentar o controle sobre os gastos públicos em rodovias, permitindo maior transparência e, consequentemente, melhor utilização dos recursos públicos estaduais;
- Introduzir o uso de tecnologias alternativas para avaliar de forma prática e econômica a conformidade projeto × obra, levando em consideração as alterações de projetos necessárias durante a execução dos serviços;
- Mitigar os riscos de desvio de prazo, de custo e de qualidade das obras.

A Figura 2 ilustra algumas das etapas dos 2 subprojetos em andamento, em parceria com o TCE-CE.

Contribuição da ciência e da inovação para a área viária do Estado.

Figura 2: Algumas das etapas do projeto e protótipos desenvolvidos. Fonte: elaborado pelos autores.



Outras Contribuições Do Projeto

Desdobramentos
Importantes desdobramentos podem ser citados, com potencial de atração de outros recursos para alavancar os desenvolvimentos tecnológicos na área de infraestrutura no Ceará com investimentos nacionais:

(i) Incremento na avaliação da CAPES da pós-graduação em Engenharia de Transportes da UFC, que passou a ser a única na área com Nota 6 nas regiões N/NE e Centro-Oeste. Incremento na avaliação da CAPES das pós-graduações em Engenharia Civil (UFC) e em Tecnologia e Gestão Ambiental (IFCE), que passaram da Nota 3 para 4, com perspectiva de abertura de dois novos cursos de doutorado para atender às regiões N/NE.

(ii) Submissão de projeto para a formalização de um Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Materiais para Infraestrutura (INCT-Infra/CNPq), com subprojetos alinhados ao Cientista Chefe de Infraestrutura Viária. Trata-se da mais importante acreditação de clusters de laboratórios nacionalmente. Os resultados também estimularam a busca pela formalização de um laboratório de aquisição, análise e visualização de dados para a infraestrutura, após a aproximação de equipes multidisciplinares (principalmente de Computação, Engenharia da Computação, Engenharia Civil e Engenharia de Transportes) no contexto do Cientista Chefe, com potencial impacto em outras áreas de pesquisa e de aplicação, tais quais investigações de qualidade do ar e de níveis de ruído.

(iii) Aprovação dos seguintes 3 projetos no Edital nº 10/2021 da UFC para Professor Visitante, sendo a Ciência de Dados em Materiais de Infraestrutura e em Cidades Inteligentes o foco dos trabalhos de 3 jovens doutores recentemente integrados ao grupo do Cientista Chefe: (1) Impacto da adesividade e da umidade no dimensionamento de pavimentos asfálticos usando ferramentas de Ciência de Dados e Inteligência Artificial; (2) Modelagem da informação em cidades inteligentes para mapear e integrar infraestruturas urbanas; e (3) Aplicações de Visão Computacional e Inteligência Artificial em Engenharia Civil com foco em Infraestrutura.

(iv) Aprovação dos seguintes 4 projetos pelo CNPq, sendo os 2 primeiros relacionados a Chamada Universal e os 2 últimos em disputas nacionais ligadas ao Fundo Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) do setor de Transporte, envolvendo parcerias com instituições estadunidense, canadense, francesa e austríaca e cujos temas foram impactados pelo desenvolvimento do Cientista Chefe de Infraestrutura Viária: CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 – (1) Uso de ciência de dados/inteligência artificial para o entendimento do efeito da umidade na evolução dos defeitos dos pavimentos asfálticos; (2) Caracterização do comportamento mecânico e do ciclo de vida de materiais asfálticos e outros compósitos produzidos com fíleres sustentáveis; CNPq/FNDCT/MCTI 15/2022 – (3) Desenvolvimento de produtos e processos tecnologicamente avançados para infraestrutura de pavimentos sustentáveis obtidos a partir de fontes não convencionais; (4) Desenvolvimento de produtos inovadores e sustentáveis para a

infraestrutura. Os projetos focam no desenvolvimento de materiais inovadores com uso de reciclagem de resíduos industriais e no uso de tecnologias para tentar mitigar problemas causados pela água nos pavimentos.

Com diferentes instituições internacionais, projetos colaborativos foram iniciados e resultaram em outras fontes de financiamento, focadas em intercâmbios para a formação de pesquisadores cearenses participantes do Programa Cientista Chefe de Infraestrutura Viária. Há previsão de trabalhos de doutorado em coorientação e cotutela, inclusive com alunos de fora do Brasil atuando em temáticas alinhadas ao projeto. Houve também intercâmbio de alunos de mestrado participantes do projeto e pelo menos mais 3 são esperados para a primeira metade de 2023, além de 2 alunos de uma instituição estadunidense, que deverão realizar estágio no grupo local.

Considerando o contexto das licitações de obras públicas, um desdobramento de um dos projetos foi a análise dos dados dos governos Federal e Estadual, por meio do Ministério da Economia e da Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará (SEPLAG-CE), no período de 2016 a 2020. A partir desses dados, foram obtidas tendências gerais e individuais relacionadas à infraestrutura viária cearense. Por meio dos valores finais dos contratos, mapeou-se os dados referentes aos investimentos anuais, do ponto de vista Estadual e Federal, separadamente, bem como em conjunto. O ano de 2018 foi o que apresentou o menor investimento nas rodovias cearenses, atingindo o valor mais baixo no quinquênio com, aproximadamente, R$ 265,1 milhões. Nota-se um decréscimo de investimentos na malha estadual (de R$ 531,5 milhões em 2016, para R$ 213,9 milhões em 2020) em contramão aos investimentos na malha federal (de R$ 49,3 milhões para R$ 201,6 milhões no mesmo período). Foi registrado, entre 2016 e 2020, um total de 91 licitações no âmbito estadual e 39 no federal. Calcularam-se os valores percentuais de desconto sobre licitações, utilizando como base os valores iniciais e finais da licitação: no âmbito estadual, os descontos variaram de 23 a 37%, enquanto no federal, de 18 a 33%. Por fim, foi organizada a taxa de desconto por ano e calculado o valor médio das Bonificações e Despesas Indiretas (BDI), sendo de 24% para as rodovias estaduais e de 32% para as federais no quinquênio.

Durante o Programa, houve procura por parte de grandes empresas e consultorias para contratação da equipe responsável pelo desenvolvimento da ferramenta de detecção automática de defeitos em pavimentos para uso comercial em campo. Como a proteção intelectual ainda não teve seu processo finalizado, nem a spin-off acadêmica foi constituída, ainda não se concretizou o uso em campo de maneira comercial fora do projeto. Porém, é clara a demanda pelo uso de produtos desenvolvidos no âmbito do programa e as medidas estão em curso para que se aplique da forma mais transparente e com os devidos dividendos para o Estado, a exemplo do que ocorreu em outras iniciativas. O projeto despertou igualmente o interesse do órgão nacional responsável pelas rodovias (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT) para emprego das metodologias desenvolvidas no Estado do Ceará.

Além disso, iniciativas de trabalhos em conjunto com outros Cientistas Chefe vêm

sendo desenvolvidas. Com o Programa Cientista Chefe de Recursos Hídricos, há projetos que estudam os efeitos das mudanças climáticas e analisam variações de pluviometria, e em consequência, a umidade, a rigidez e o desempenho dos pavimentos da Região Metropolitana de Fortaleza. Proposições para novos projetos têm sido elaboradas, a partir das experiências obtidas, com o objetivo principal de desenvolver soluções inovadoras e tecnológicas para as infraestruturas viárias, não somente do Estado do Ceará como da Prefeitura Municipal de Fortaleza. Essas propostas visam ao cumprimento de alguns dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e, consequentemente, à aplicação do conceito de Cidades Inteligentes. Podem-se citar como exemplos questões voltadas à poluição atmosférica e sonora, que afetam diretamente a saúde da população e têm relação direta com as infraestruturas projetadas e implantadas dentro das cidades. O monitoramento e a quantificação de índices de poluição, a correlação com diversos tipos de infraestruturas, além do mapeamento desses índices e divulgação para a sociedade, são avanços tecnológicos que colaboram com o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis.

Outras pesquisas importantes da equipe do Programa Cientista Chefe e que estão interligadas com o desenvolvimento sustentável de cidades inteligentes, inclusive premiadas nacionalmente e com parcerias internacionais, são aquelas que estão em nível de validação laboratorial/protótipos, tais como: (a) Protótipos de geração de energia elétrica em pavimentos rodoviários a partir da piezoletricidade; (b) Blocos intertravados de pavimentos de concreto com o uso de materiais reciclados da construção civil; e (c) Desenvolvimento de nanopartículas magnéticas para obtenção de pavimentos asfálticos com propriedades fotocatalíticas e reparadoras de trincas.

Parcerias Institucionais

Foram desenvolvidas e fortalecidas parcerias nacionais e internacionais que ampliaram o desenvolvimento de conhecimentos novos. Entre as parcerias nacionais, com participação de agentes nos desenvolvimentos produzidos, podem ser citadas: Universidade Federal do Cariri (UFCA), Universidade de Fortaleza (Unifor), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/Campi Fortaleza e Juazeiro do Norte (IFCE), Universidade Regional do Cariri (URCA), Universidade de Brasília (UNB), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE-CE).

Já, entre as parcerias internacionais, vale mencionar: (a) Iowa State University (ISU) e Technische Universität Wien (TUW) com pesquisas avançadas na área de biomateriais; (b) Instituto Superior Técnico de Lisboa (IST-Lisboa) com fundo europeu para pesquisas em trechos experimentais com pavimentos intertravados sustentáveis; (c) École Nationale de Technologie Supérieure de Montréal (ÉTS-Montréal) e (d) Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat da Universidade de Lyon (ENTPE-Lyon) que receberam e/ou enviaram pesquisadores para participação nos desenvolvimentos do Cientista Chefe de Infraestrutura; (e) New York University (NYU), onde 2 alunos do grupo fizeram estágio de verão, custeados pela universidade norte-americana, na área de hardware e ciência de dados para uso em rodovias.

Captação de Projetos

Os resultados obtidos no projeto Cientista Chefe de Infraestrutura Viária potencializaram a captação de recursos de projetos nacionais e internacionais com impacto nas pesquisas e na formação de recursos humanos no Ceará. Em função dos resultados, houve a captação de 5 projetos relevantes, entre outras conquistas, somando mais de R$ 6 milhões em recursos a serem investidos no ecossistema de pesquisa na área de infraestrutura viária até 2026. Houve ainda incentivo a intercâmbios de alunos de graduação e de pós-graduação e de professores em instituições como ISU, TUW, IST-Lisboa, ÉTS-Montréal, ENTPE-Lyon, NYU, envolvendo formações diversas, tais quais Computação, Engenharia da Computação, Engenharia Civil e Engenharia de Transportes.

Formação de Recursos Humanos

O projeto resultou na formação de 4 alunos de doutorado, 6 de mestrado e 13 de graduação, sendo estes das áreas de Engenharia Civil, Engenharia de Transportes, Engenharia de Computação e Ciência da Computação. Alguns dos alunos que passaram pelo projeto atuam hoje em empresas de Inovação e Tecnologia para a Engenharia Civil. Os detalhamentos dos trabalhos estão apresentados no Anexo, que também traz as principais contribuições científicas.

Considerações finais

O Programa Cientista Chefe de Infraestrutura Viária apoiado pela Funcap vem desenvolvendo diversas tecnologias para contribuir em atividades do governo do estado do Ceará ligadas a infraestrutura. Algumas das atividades já apoiaram ações de recuperação de danos ao erário da mesma ordem de grandeza de valor financeiro que o próprio valor investido no projeto, o que atesta sua eficiência. O investimento continuado em pesquisa não somente age em necessidades imediatas do serviço público como contribui, conforme apresentado aqui, para impactos de longo prazo, como formação de recursos humanos por meio dos projetos, e também de novos grupos de pesquisa e desenvolvimento a serviço da infraestrutura do estado. As Considerações Finais são divididas a seguir por subprojeto no âmbito do Programa.

- O Subprojeto 1 em andamento com o TCE vem apresentando entregas que auxiliam o diagnóstico seguro em termos de qualidade dos materiais e serviços, assinalando o grau de comprometimento da funcionalidade, segurança e tempo de vida das rodovias cearenses.

- O Subprojeto 2 em andamento com o TCE desenvolveu 2 protótipos, sendo um deles para a detecção automática de defeitos em pavimentos e aferição da qualidade ao rolamento utilizando estratégias baixo custo como smartphones e outros dispositivos, e outro uma versão mais avançada do protótipo de ensaios acelerados e não destrutivos de materiais de pavimentos. Análises da redução de custos de ciclo de vida serão realizadas para avaliar o ganho de eficiência com a adoção de mais tecnologia na gestão das infraestruturas rodoviárias.

No âmbito dos projetos já finalizados:

- O então designado Subprojeto 1 realizou análises relativas a fase de projeto de diferentes rodovias de baixo volume de tráfego típicas do Ceará, apontando estruturas que podem suscitar perdas vultosas de recursos por parte do Governo do Estado. Além disso, investigou materiais alternativos (resíduos e bioligantes) para viabilizar a execução de obras mais econômicas e ambientalmente corretas, especialmente em locais com baixa disponibilidade de materiais de qualidade, como ocorre em algumas regiões do Ceará.

- No então Subprojeto 2 já finalizado foram desenvolvidos 3 protótipos de ferramentas intensivas em tecnologia nas atividades de gestão de infraestruturas (pavimentos e pontes). Os protótipos partiram das fases de ideação e o projeto possibilitou que níveis intermediários de maturidade tecnológica fossem alcançados. Essas tecnologias devem ser em breve oferecidas no mercado, por meio de spin-offs e startups criadas por participantes do projeto.

- No âmbito do Subprojeto 3 finalizado, foram executados treinamentos (carga horária de 60h), contemplando conteúdos nas áreas de projeto, dimensionamento, execução, manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos. O subprojeto também se constitui no acompanhamento de trechos reais com potenciais divergências entre o que foi executado e o que havia sido projetado. As divergências observadas foram principalmente de granulometrias das camadas de base, e foram de valores relevantes, da mesma ordem de grandeza dos projetos de pesquisa e inovação aqui apresentados, justificando assim o investimento em pesquisa. Essas divergências podem comprometer a vida útil das infraestruturas rodoviárias, além de ensejar desperdício ou uso inadequado dos recursos públicos.

Por fim, pontua-se que as novas tecnologias podem auxiliar a gestão pública a ter um acompanhamento mais constante das ações de projeto, construção e fiscalização nas obras de infraestrutura. É importante verificar em quais dessas atividades as incertezas do trabalho de engenharia facilitam possíveis desvios e em quais é possível sistematizar a investigação para torná-la mais eficiente. Novas tecnologias podem auxiliar o gestor público na elaboração de procedimentos adaptados às especificidades da realidade das redes de infraestrutura, bem como na adequação dos levantamentos de campo, com metodologias mais produtivas, que gerem menor tempo de avaliação, maior acurácia dos resultados obtidos e menor custo de execução, quando comparadas aos processos convencionais.

Para a implantação das capacidades inovadoras já desenvolvidas e ainda por desenvolver no âmbito do Programa Cientista Chefe de Infraestrutura, convém uma série de expedientes que forneçam estrutura e facilitem que as inovações de fato emerjam e sejam efetivamente incorporadas. Isso envolve trocas e colaboração entre os agentes envolvidos, algo que tem sido verificado na cooperação entre a universidade e o TCE. Temos hoje no Ceará um time técnico-científico de elevado nível e reconhecimento internacional, composto por integrantes do Poder Público, da Academia e de Empresas que, em conjunto, é plenamente capaz de desenvolver e implementar as inovações capazes de colocar as obras de infraestrutura do nosso estado em um patamar compatível com o nosso nível de excelência em conhecimento.

Referências bibliográficas

ARYA, D.; MAEDA, H.; GHOSH, S. K.; TOSHNIWAL, D.; MRAZ, A.; KASHIYAMA, T.; SEKIMOTO, Y. (2021). Deep learning-based road damage detection and classification for multiple countries. Automation in Construction, 132, 103935. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103935.

ASCE (2022). Innovating in a changing industry. https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/podcasts/podcast/2022/02/01/innovating-in-a-changing-industry/. Acesso em novembro de 2022.

BARROSO, E. S.; OLIVEIRA, J. L. F.; PARENTE JR., E.; BABADOPULOS, L. F. A. L.; BASTOS, J. B. S. (2022). Efficient backcalculation procedure for asphalt pavements using the Finite Element Method. CILAMCE-2022. Proceedings of the joint XLIII Ibero-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, ABMEC. Foz do Iguaçu, Brazil, November 21-25.

BEZERRA, A. K. L.; MONTEIRO, N. C.; AMARAL, C. C.; COELHO, A. A. P.; SILVEIRA, J. A. N.; BABADOPULOS, L. F. A. L.; SOARES. (2022b). Desenvolvimento de ensaio de ressonância por impacto para determinação de rigidez de diferentes materiais. Transportes, v. 30, n. 3. DOI: 10.14295/transportes.v30i3.2757

BEZERRA, A. K. L.; MONTEIRO, N. C.; AMARAL, C. C.; FREITAS, I. L. B.; COELHO, A. A. P.; BABADOPULOS, L. F. A. L.; SOARES, J. B.; CARRET, J-C. (2022a). Application of non-destructive testing for the determination of the stiffness of different materials. Anais do ISAP 2022, Costa Rica.

Confederação Nacional da Indústria (CNI) (2022). Investimentos públicos e as rodovias federais no Brasil - Evolução e perspectivas. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2022/1/investimentos-publicos-e-rodovias-federais-no-brasil-evolucao-e-perspectivas/>. Acesso em novembro de 2022.

Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2017). Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-divulga-estudo-por-que-pavimento-rodovias-brasil-nao-duram-resultados>. Acesso em novembro de 2022.

Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2022). Pesquisa CNT de rodovias 2022. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/assets/icones/pdf>. Acesso em: 13 dez. 2022.

DESTRI JUNIOR, J.; BORGES, N. P.; BORGES JUNIOR, N. P.; CUNHA, S. C.; VALENTE, A. M. (2019). Detecção quantificação automatizadas de trincas em pavimentos de rodovias. 33o Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET.

ECORODOVIAS (2021). Especificações Técnicas. Grupo EcoRodovias. Disponível em: <https://www.ecorodovias.com.br/atendimento/engenharia/especificacoes-tecnicas>. Acesso em: 6 jun. 2021.

HOWARD, A. G.; ZHU, M.; CHEN, B.; KALENICHENKO, D.; WANG, W.; WEYAND, T.; ANDREETTO, M.; ADAM, H. (2017). Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. arXiv preprint arXiv:1704.04861. https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04861.

Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP) (2019). PROC-IBR-ROD 112/2019 – Análise de Conformidade Qualitativa de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria. Instituto Rui Barbosa (IBR)/Comitê de Obras Públicas.

KHERADMANDI, N.; MODARRES, A. (2018). Precision of back-calculation analysis and independent parameters-based models in estimating the pavement layers modulus-Field and experimental study". Construction and Building Materials, vol. 171, pp. 598-610.

MAEDA, H.; SEKIMOTO, Y.; SETO, T.; KASHIYAMA, T.; OMATA, H. (2018). Road damage detection and classification using deep neural networks with smartphone images. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, v. 33, n. 12, p. 1127-1141, https://doi.org/10.1111/mice.12387.

MAJIDIFARD, H.; ADU-FYAMFI, Y.; BUTTLAR, W. G. (2020). Deep machine learning approach to develop a new asphalt pavement condition index. Construction and Building Materials, v. 247. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118513.

Manual do Usuário Roadway (2022). ROADBOTICs, Software User Manual - A guide to data collection and using roadway. Disponível em: https://www.roadbotics.com/wp-content/uploads/2021/04/RoadBoticsUserManual.pdf. Acesso em: 23 nov. 2022.
MICHELIN (2022). Michelin acquires RoadBotics, a start-up specialized in road infrastructure computer vision. https://www.michelin.com/en/press-releases/michelin-acquires--roadbotics-a-start-up-specialized-in-road-infrastructure-computer-vision/. 2022. Acesso em novembro de 2022.
NASCIMENTO, L.; ESPÍNDOLA, A. C.; NOBRE JÚNIOR, E. F. (2022). Aplicação de aprendizagem profunda para detecção automática de trincas em pavimentos. 36o Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET.
PAZ, K. B.; SILVA, J. P.; ALMEIDA, L. C.; BABADOPULOS, L. F. A. L.; GOMES, J. P. P.; SOARES, J. B. (2020). Identificação de defeitos do tipo panela em pavimento asfáltico por meio de redes neurais convolucionais. In: 34º Congresso Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET.
SCIMEMI, G. F.; TURETTA, T.; CELAURO, C. (2006). Backcalculation of airport pavement moduli and thickness using the Lévy Ant Colony Optimization Algorithm. Construction and Building Materials, vol. 119, pp. 288-295.
SERAFIM, M. O.; SOUSA, C. O.; ALMEIDA, L. C.; BABADOPULOS, L. F. A. L.; GOMES, J. P. P. SOARES, J. B. (2022a). Automated detection of defects on road transportation infrastructures using images produced by drivers. Anais do ISAP 2022, Costa Rica.
SERAFIM, M. O.; SOUSA, C. O.; ALMEIDA, L. C.; BABADOPULOS, L. F. A. L.; GOMES, J. P. P. SOARES, J. B. (2022b). Automated Detection of Defects and Vertical Signs on Roadways Using Images Produced by Drivers. Journal of Testing and Evaluation. DOI: 10.1520/JTE20220298.
SOUSA, C. A.; SERAFIM, M. O.; ALMEIDA, L. C.; BABADOPULOS, L.F.A.L.; GOMES, J. P. P.; SOARES, J. B.; MOTA, G.A.S.P. (2021). Comparação de arquiteturas de redes neurais convolucionais na detecção automática de defeitos em imagens de pavimentos capturadas com smartphone. In: 23º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária 46º Reunião Anual de Pavimentação, 2021, Brasília - Online. Ananis 46º Reunião Anual de Pavimentação.
Superintendência de Obras Públicas (SOP) (2021). Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias. Disponível em: <https://www.sop.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/30/2020/12/Especificacoes-Rodovias-site.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2022.
TAUTE, A. (2008). Proposed pay factors for hot asphalt quality control. Asphalt News Sabita, v. 22, n. 2, p. 17-19.

Desenvolvimento da Ciência e Pós-Graduação no Ceará

Antonio Gomes Souza Filho

Colaboradores
Raphael de Jesus Campos de Andrade
Abraão Freires Saraiva Júnior
Emerson Mariano da Silva
Henry de Holanda Campos

RESUMO

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) tem como um de seus objetivos principais estimular e apoiar a Ciência e a Inovação no Estado do Ceará, cuidando do financiamento de recursos que sejam relevantes *inputs* no processo de geração de valor para a sociedade cearense. Portanto, é importante que a agência de fomento do Estado do Ceará (Funcap) avalie os resultados obtidos por meio de investimentos, possibilitando-a justificar/apresentar para os tomadores de decisão e a sociedade em geral a importância desse fomento para promover o desenvolvimento científico, cultural, social e econômico dos cidadãos e do Estado. A partir da organização e análise de dados do fomento e dos resultados obtidos pelo sistema de Ciência e Tecnologia do estado, apresentamos e discutimos nesse artigo alguns indicadores que permitem posicionar o Ceará no cenário nacional com ênfase no protagonismo histórico da Funcap na promoção do desenvolvimento da ciência no estado e mais recentemente no desenvolvimento do estado por meio da ciência.

Introdução

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) tem como um de seus objetivos principais estimular e apoiar a Ciência e a Inovação no Estado do Ceará, elaborando políticas e investindo recursos que sejam relevantes *inputs* no processo de geração de valor para a sociedade cearense. Portanto, é importante que a agência de fomento avalie os resultados obtidos por meio do fomento, possibilitando-a justificar/apresentar para os tomadores de decisão e a sociedade em geral a importância dos investimentos para promover o desenvolvimento científico, cultural, social e econômico dos cidadãos e do Estado. É importante realizar diagnósticos do sistema de Ciência e Tecnologia e a partir desses elaborar e/ou aprimorar políticas de fomento alinhadas com a estratégia de desenvolvimento do estado.

Nos últimos anos, por meio do Programa Cientista Chefe em Ciência e Tecnologia em parceria com atores do sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no estado, a agência vem implementando o Programa de Avaliação do Fomento Científico e à Inovação. Os resultados dessa ação permitiram implantar na Funcap um sistema de avaliação, acompanhamento e estímulo institucional dos resultados alcançados por suas linhas de fomento nas áreas Científica e de Inovação, subsidiando decisões que possam culminar no contínuo aperfeiçoamento das políticas públicas integradas de CT&I. Para atingir esse objetivo, foram desenvolvidas várias atividades em diferentes dimensões, indo desde a organização de banco de dados a partir de dados internos e coletados em bases de dados nacionais e internacionais, modernização da gestão do fomento usando metodologia *low-code* e *no-code*, passando pela definição de diversos indicadores do sistema de CT&I, avaliação do fomento à interiorização, à formação de recursos humanos, e à inovação, até a publicização dos dados e resultados em uma plataforma interativa, chamada de vitrine tecnológica.

Neste artigo, apresentaremos os principais resultados obtidos no Programa Cientista Chefe de Avaliação de Políticas de CT iniciando pela evolução da Ciência e Pós-Graduação no estado a partir da análise de dados, de indicadores de produção científica e de avaliação dos programas de pós-graduação. Relatamos os avanços realizados nos últimos anos no ambiente de CT do estado, incluindo o processo de interiorização e internacionalização da ciência cearense. Um panorama do capital humano que atua na ciência cearense, incluindo questões de gênero, e que tem sido formado em nível de graduação e pós-graduação é apresentado. A última parte do artigo apresenta as inovações realizadas nos processos e descreve o painel de divulgação de diversos indicadores do sistema de CT&I (vitrine tecnológica). O capítulo é finalizado com algumas recomendações para o aprimoramento do sistema de CT&I.

Resultados

Ciência no Estado do Ceará: Aspectos Históricos

Nos meados do século 19, o Ceará foi território do que talvez tenha sido a primeira expedição científica brasileira organizada pelos membros do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro. Seguindo o modelo de expedições europeias realizadas anos antes, a ação brasileira tinha como objetivo registrar a fauna, a flora, a topografia e os

costumes do país. O Norte e o Nordeste eram completamente desconhecidos por uma perspectiva nacional. A expedição durou anos e foi responsável por parte do acervo depositado no museu nacional e que boa parte virou cinzas no incêndio de 2018. É curioso o fato de que o relatório detalhado da comissão sobre os grotões do Brasil e as condições de vida nesses lugares foi censurado pelo governo, cuja preocupação foi a percepção negativa que a Europa teria da terra Brasilis. Talvez essa tenha sido uma das primeiras atividades científicas realizadas no Estado do Ceará, apesar de não envolver instituições científicas cearenses, tampouco pesquisadores do Estado.

Outro momento importante se deu na última década do século XIX, onde os registros históricos documentam uma atividade científica na área de virologia no Estado do Ceará. O barão Pedro Affonso, médico carioca de grande prestígio, por iniciativa pessoal, compartilhou com colaboradores em alguns estados, incluindo o Ceará, o seu conhecimento para a produção de vacina antivariólica em vitelos. Destaca-se no Ceará a atuação do higienista e farmacêutico Rodolfo Teófilo, que mesmo sem apoio dos governos, produziu a vacina com recursos próprios e imunizou parte da população, sofrendo retaliações de setores da sociedade e da imprensa. Em 1907, Rodolfo Teófilo recebeu a aprovação da vacina pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC), na época denominado Instituto de Patologia Experimental de Manguinhos, no Rio de Janeiro.

O Estado do Ceará foi palco para um momento importante da ciência do século XX, sendo Sobral o local que recebeu missões científicas para realizar observações sobre o eclipse solar no ano de 1919 e que tinham como objetivo comprovar a teoria da relatividade geral de Einstein. De fato, os experimentos realizados em Sobral foram conclusivos validando as previsões da Teoria da Relatividade. Essas atividades foram realizadas por cientistas estrangeiros e com acompanhamento de brasileiros vindos do Rio de Janeiro. Interessante é mencionar que além da missão britânica para observar o eclipse, houve outra missão, bem menos conhecida, para estudar o magnetismo terrestre. Nessa missão, o cearense Antonio C Lima, que tinha estudado nos Estados Unidos, além de intérprete da equipe americana do *Carnegie Institution*, realizou medidas do magnetismo terrestre e das propriedades elétricas da atmosfera durante o eclipse.

No início do século XX, surgiam no Ceará as primeiras faculdades (Faculdade de Direito - 1903; Faculdade de Farmácia e Odontologia do Ceará - 1916; Escola de Agronomia do Ceará - 1918) que foram os núcleos, juntamente com a Faculdade de Medicina criada em 1948, do que viria ser a Universidade do Ceará fundada em 1954, e depois Universidade Federal do Ceará em 1965. É no ano de 1965 que é institucionalizado no país a Pós-Graduação por meio do chamado parecer Sucupira, cujo conceito central continua válido até hoje.

Dando um passo para a segunda metade do século XX, e considerando as bases de dados de documentos científicos internacionais, o primeiro registro de uma publicação em revista científica com endereço do Ceará foi realizado no ano de 1967. Trata-se do artigo *Effects of Organic Layer of Hashish Smoke Extract and Preliminary Results of its Chemical Analysis* de autoria dos pesquisadores da recém-criada Universidade Federal do Ceará, Francisco José Amaral Vieira, Martha B. Aguiar, J. Wilson Alencar e colaboradores da Universidade de Brasília e da Universidade de Bruxelas na revista

Psychopharmacologia. Vieira e Aguiar eram vinculados ao Laboratório de Psicologia Experimental e Alencar ao Instituto de Química. Na década de 70, a produção científica do Estado do Ceará começou a frequentar os periódicos internacionais à medida que os primeiros doutores se fixavam no Estado, principalmente na UFC, e os primeiros programas de mestrado começavam ser criados. Ao final dos anos 70, o Estado do Ceará produzia algo em torno de 20 artigos por ano, principalmente nas áreas de física, bioquímica, química, farmacologia, agronomia, sendo alguns realizados completamente no estado.

Nesse artigo elaboramos um panorama sintético da evolução do ecossistema de ciência e pós-graduação do Estado do Ceará nas últimas décadas utilizando alguns indicadores que demonstram de forma inequívoca o avanço qualitativo e quantitativo na capacidade de geração de conhecimento de ponta, na formação de pessoal com alta qualificação, no potencial de inovação e na inserção do Estado no panorama da Ciência mundial, destacando o papel estratégico do fomento realizado pelo Governo do Estado do Ceará por meio da Funcap.

Evolução da Ciência e Pós-Graduação

Dois fatores mudaram o perfil da produção científica internacional e a inserção do Estado do Ceará na ciência mundial. Conforme mostra a Figura 1, o Estado contribuía pouco para a produção científica internacional na década de 80, quando basicamente só tinha programas de mestrado, sendo que os primeiros doutorados foram criados no final dos anos 80 (Física em 1989). A criação da Funcap em 1992 e o fomento de bolsas para fortalecer alguns programas de pós-graduação em nível de doutorado dobraram a produção científica no final da década de 90. A próxima mudança de patamar acontece com a expansão do sistema de Pós-Graduação no início da década de 2000, que veio acompanhada de uma política nacional de fomento que, a partir de 2002, passa a destinar 30% de recursos para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. O Estado do Ceará, por meio da Funcap, aproveitou muito bem as oportunidades de parcerias com as agências federais e aportou contrapartidas à diversos programas (de bolsas e de financiamento de pesquisa) potencializando a captação de recursos pelo sistema de Pós-Graduação e Pesquisa Cearense. Na década de 2000, também merece destaque a expansão do sistema universitário, principalmente o federal, para o interior do Estado, surgindo novos campi com o perfil já voltado para a pesquisa que rapidamente levou a criação de programas de pós-graduação, até então totalmente restrito à Fortaleza.

Desde a década de 2000, é notório o crescimento contínuo da produção científica internacional e esse fato é correlacionado com a expansão (em quantidade e qualidade) do sistema de pós-graduação do Estado do Ceará, que em uma década (2010-2020) passou de dois programas de pós-graduação de Excelência Internacional apenas na UFC (nota 6) para dezessete programas na última avaliação em 2020, sendo seis deles com nota 7 e onze com nota 6. A excelência com padrão internacional na Pós-Graduação cearense está presente nas universidades públicas (UFC: Nota 7: Enfermagem, Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Engenharia Química, Farmacologia, Física, Matemática; Nota 6: Bioquímica, Ciências Médicas, Ciências Marinhas Tropicais, Engenharia de Teleinformática, Engenharia de Transportes, Geografia, Microbiologia Médica, Química, Renorbio; e UECE: Nota 6: Ciências

Veterinárias, Renorbio) e na universidade privada (Unifor: Nota 6: Direito, Renorbio). Os programas estão listados na evolução do número de programas com excelência internacional no encarte da Figura 1. A Funcap desempenhou um papel decisivo nessa evolução, pois garantiu de forma sustentada uma política de bolsa de formação (iniciação científica e tecnológica, mestrado e doutorado) ao longo dos anos, cumprindo desde a sua fundação o papel estratégico de fomentar o desenvolvimento da ciência no Ceará. Merece ser destacado o fato de que a Funcap contribui com 35% das bolsas de pós-graduação disponibilizadas aos programas de pós-graduação, um dos maiores índices dentre as FAPs dos demais estados da federação.

As áreas que mais se destacam em volume de publicações (em torno de 60% do total) são Engenharia (10,7%), Química (9,9%), Ciência da Computação (8,1%), Agricultura (7,0%), Bioquímica e Biologia Molecular (5,4%), Ciências Ambientais: Ecologia (5,0%), Farmacologia (4,7%), Física (4,1%), Saúde Pública Ambiental Ocupacional (4,0%) e Ciência de Materiais (3,9%).

Um ponto que merece destaque na evolução dos dados de produção científica mostrados na Figura 1 é o aumento (19%) da produção científica do Estado do Ceará no ano de 2020 em relação à 2019, um crescimento maior que o Brasil que registrou 5,6%. Em parte, esse resultado se deve às oportunidades de pesquisa que a emergência da pandemia criou para alguns grupos, e em parte, porque devido às restrições de mobilidade para pesquisa em laboratório e de campo, a força de trabalho dos pesquisadores e estudantes se voltou para analisar os dados já obtidos e assim realizar as publicações. No entanto, no ano de 2021 percebe-se uma estabilidade em relação à 2020 que reflete o impacto da mobilidade e principalmente as dificuldades de financiamento das fontes federais que sistematicamente diminuíram os investimentos desde 2015.

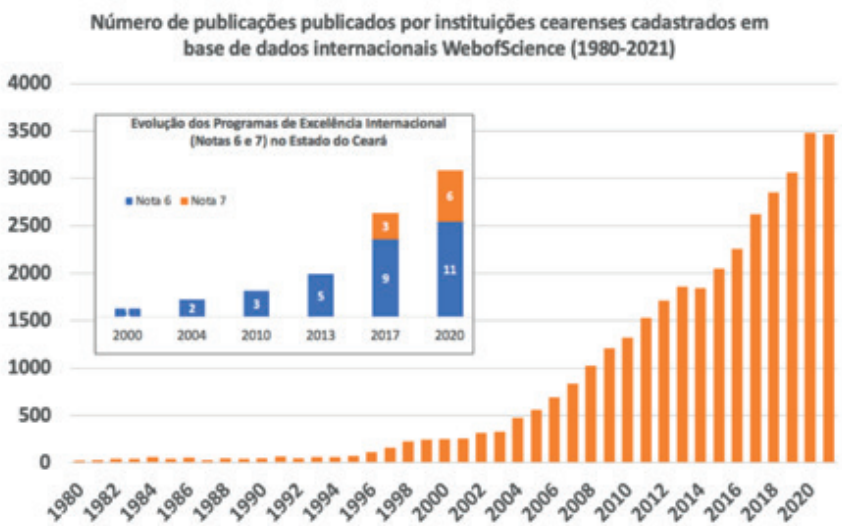


Figura 1: Evolução da produção científica internacional no Estado do Ceará no período 1980-2021. Fonte: WebofScience. Termos de Busca: "Address", Ceara or Ceará and Brazil. Fonte: elaborado pelos autores.

Ambiente de Pesquisa no Estado do Ceará

O ambiente de pesquisa no Brasil pode ser aferido observando dois indicadores muito utilizados no país, quais sejam a competitividade dos pesquisadores no cenário nacional por meio das bolsas de produtividade do CNPq e a qualificação dos programas de Pós-Graduação na avaliação da CAPES. O posicionamento nesses rankings individuais (com ênfase no pesquisador) e institucionais (com ênfase nos programas de pós-graduação) é decisivo em vários processos que fomentam a infraestrutura para a pesquisa e os arranjos em rede tais como os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs), onde o Ceará se destacou aprovando no cenário nacional 07 INCTs (de um conjunto de 252 aprovados no País) em 2016. O CNPq liberou recursos para apenas para os 100 primeiros colocados (02 INCTs coordenados no estado estavam nesse grupo), mas na ocasião não foi celebrado acordo com a Funcap, e os INCTs do Ceará não receberam financiamento federal. A Funcap realizou alguns investimentos nesses arranjos de pesquisa em parceria com as Universidades. Em novembro de 2022, o Estado avançou e foram aprovados 4 INCTs (segundo estado no Norte, Nordeste e Centro-Oeste) em um conjunto de 55 aprovados no país.

O Estado do Ceará em 2022 tem 3445 doutores atuando nos programas de pós-graduação, onde 390 são pesquisadores do CNPq nos diferentes níveis representando 2,4% dos bolsistas de produtividade do País. A distribuição percentual nas diferentes áreas do conhecimento é bem diversa, sendo ciências exatas e da terra a área que tem maior percentual, 28,7% dos bolsistas de produtividade em pesquisa no Estado e 3,5 % da área no País. As Ciências Biológicas e da Saúde correspondem a 27% dos pesquisadores no Estado do Ceará e à 2% dos pesquisadores nacionais nessa área.

Interiorização

Um olhar mais detalhado sobre o alcance das iniciativas de incentivo à interiorização promovidas pela Funcap permite documentar a expressiva capilaridade da interiorização. Assim é que pelo menos 89% dos municípios do Ceará foram beneficiados por pelo menos um dos 682 projetos financiados pela Funcap nas diferentes linhas de apoio (coordenado por 10 instituições distintas, UFC, UECE, UVA, UFCA, URCA, IFCE, EMBRAPA, CENTEC, UNILAB, UNIFOR) ao fomento (no período 2003-2018) e desenvolvidos em municípios do interior ou a eles direcionados (Figura 2).

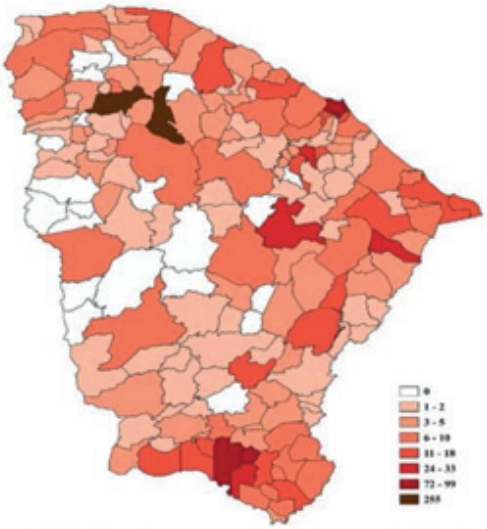


Figura 2: Distribuição dos 682 projetos financiados pela FUNCAP, no período 2003-2018, desenvolvidos em municípios do interior ou a eles direcionados.
Fonte: Projetos FUNCAP.

A capilaridade, expressa pelo número de municípios alcançados pelos projetos, mostra-se expressiva e varia de acordo com a grande área do conhecimento, sendo as ciências da saúde com maior alcance (110 munícipios). Observa-se que a área da Saúde apresenta forte capilaridade, com maior número de projetos no município de Sobral. Na área de Ciências Exatas e da Terra os municípios de Sobral e Crato receberam maior número de projetos, assim como as áreas de Ciências Biológicas e de Ciências Agrárias registram maior número de projetos no município de Sobral.

A partir da análise (considerando a maior quantidade de projetos), é possível apontar o desenvolvimento de vocações regionais, resumidas na Tabela 1. Por fim, cabe o registro de contribuição à gestão pública, municipal e/ou estadual, identificada em 33,8% dos projetos ligados ao meio ambiente, em 28,1% dos projetos da área da saúde, em 23,3% daqueles relacionados ao desenvolvimento agrário e a 17,1% dos projetos da área da educação. A expansão do sistema universitário e a nucleação de grupos de pesquisa permitiu a expansão da pós-graduação no interior (aumento de 85% nos últimos 8 anos), incluindo a recente criação do primeiro doutorado do interior na Universidade Regional do Cariri em 2017. No período de 2014-2022, a Funcap aumentou em 48% das bolsas concedidas no programa de Bolsas de Produtividade e Interiorização (BPI) e em torno de 3 vezes o número de bolsas de pesquisador visitante (PBV) e desenvolvimento científico regional (DCR), o que tem colaborado sobremaneira para desenvolver os grupos de pesquisa e fixação de pesquisadores nas instituições do interior do Estado. Uma ação estratégica e inovadora, e que alinha política de desenvolvimento científico do interior com oportunidade de pesquisa de ponta pela unicidade do Geopark Cariri, é a atração de 11 jovens doutores do Brasil e exterior para atuar no Museu de Paleontologia e na Universidade Regional do Cariri.

MEIO AMBIENTE URCA, IFCE, e UFCA	**EDUCAÇÃO** UECE e UNILAB
SAÚDE UFC e UVA	**DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO** EMBRAPA e UFC

Tabela 1: Sugestão de classificação das vocações regionais identificadas nas instituições executoras dos 682 projetos financiados pela Funcap, no período 2003-2018, desenvolvidos em municípios do interior ou a eles direcionados. Fonte: Projetos FUNCAP.

Internacionalização

Alguns indicadores apontam para uma boa posição da ciência cearense no cenário internacional quando comparado aos demais estados da Federação. A comunidade científica do Estado do Ceará possui uma boa inserção internacional se posicionando em 8º lugar quando o indicador é o percentual da produção científica em colaboração com instituições internacionais. Dado que o Ceará não tem nenhuma especificidade que às vezes aumentam esse indicador (caso do Estado do Amazonas pelos trabalhos relacionados à floresta Amazônica que interessa para toda a comunidade internacional ou outros estados que participam de grandes colaborações internacionais), esse número reforça o papel central dos programas de pós-graduação e sinalizam que o Estado tem uma comunidade científica com boa inserção internacional. Considerando os artigos altamente citados pela comunidade internacional, o Estado do Ceará se posiciona em 9º dentre os demais estados da Federação. O Ceará só a passou a ter esse indicador quantificado na última década, demonstrando a capacidade que alguns pesquisadores e grupos de pesquisa tem de se inserir em temas de fronteira da ciência mundial. O aumento do número de pesquisadores do estado elencados nos *rankings* internacionais por se destacarem entre os mais produtivos do mundo, incluindo pesquisadores que atuam no interior, é um indicador da expansão qualificada da ciência cearense. A qualificação do ambiente de Pós-Graduação permitiu o Estado do Ceará, por meio da UFC, se integrar ao Programa Institucional de Internacionalização da CAPES (PRINT) em 2018.

Inovação

Um outro aspecto importante no levantamento dos dados cientométricos é que o Ceará tem contribuído com a geração de conhecimento em parceria com as indústrias. Esse indicador é utilizado pois demonstra a parceira da instituição que gera conhecimento desenvolvendo tecnologia em parceria com a empresa de base tecnológica. Nesse aspecto, a área do Ceará que mais contribui é a Engenharia com percentual de 2,3% dos artigos. Um aspecto importante que precisa ser fomentado e melhor diagnosticado é a baixa parceria (documentado em artigos científicos) das áreas da saúde e agronomia, que são potenciais para parcerias com indústrias do complexo farmoquímico e agropecuário, respectivamente. Quando colocamos o estado do Ceará na perspectiva do cenário nacional, o estado ocupa a 11ª posição com aproximadamente 0,8% da produção científica feita em colaboração com a

indústria. Esse número é baixo comparado com outros estados, posicionando o Ceará em 3º lugar na região nordeste.

No que diz respeito ao Fomento à inovação nas empresas localizadas no Estado do Ceará, a Funcap financia empresas em diferentes estágios. A avaliação dos dados do fomento e dos resultados dos projetos por meio do banco de dados, entrevistas e formulários, indica que o fomento à inovação promove uma evolução média de 3,5 níveis na escala de maturidade tecnológica (TRL - Nível 1 ideia básica e princípios até Nível 9 - produtos lançados no mercado) das tecnologias financiadas nos projetos. A análise dos dados dos projetos das empresas financiadas pela Funcap indica uma correlação entre os conceitos dos Programas de Pós-Graduação dos integrantes das equipes dos projetos aprovados nos Editais de Inovação da Funcap. A maioria dos integrantes das equipes científicas é egressa dos programas de excelência nacional (Nota 5) ou internacional (Notas 6 e 7).

Perfil do Capital Humano Formado no Estado do Ceará

O panorama sobre a formação de capital humano, no período de 1995 a 2020, em setenta e oito cursos de graduação em diversas áreas do conhecimento definidas no CINE Brasil – INEP consta na Figura 3. Os dados indicam que nesse período 83,4% dos graduados estão em áreas definidas como não STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Atualmente existem 10291 estudantes de pós-graduação matriculados no estado do Ceará, e os dados indicam que a formação pós-graduada em áreas não STEM no ano de 2020 foi de 60,2%. Formar recursos humanos de forma mais equilibrada, aumentando o percentual nas áreas STEM é fundamental para o desenvolvimento tecnológico.

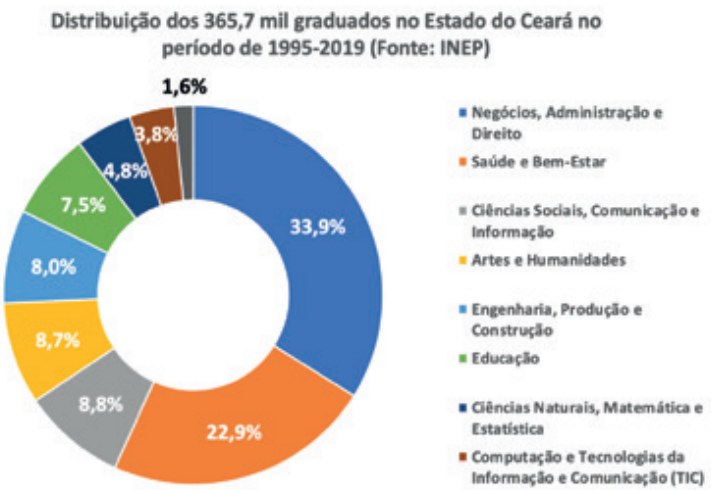


Figura 3: Distribuição percentual dos 365,7 mil graduados no Estado do Ceará no período de 1995 a 2019 organizados por cluster. Fonte: Inep.

Contribuições para Políticas Afirmativas

A desigualdade de gênero no campo acadêmico é um assunto bem documentado e debatido em todo o mundo. Já foram realizados vários diagnósticos e algumas ações foram realizadas para diminuir a assimetria de gênero que, em algumas áreas, tais como Ciências Exatas e Engenharias, é muito acentuada no Brasil e não é diferente no Ceará.

Dois indicadores relevantes para aferir a desigualdade de gênero na pesquisa são a participação das mulheres como docentes permanentes nos programas de pós-graduação (41,7%) e a concessão de bolsa de produtividade do CNPq (32,6%), e os dados do Ceará mostram que existe uma assimetria entre homens e mulheres quando são analisados de forma agregada. Esses indicadores são importantes pois o acesso ao financiamento de projetos (tanto recursos quanto bolsistas) tem em geral como referência a nota do programa de pós-graduação e a bolsa de produtividade. Os dados do Estado Ceará revelam uma assimetria de gênero mais acentuada que a média brasileira nas áreas de Ciências Exatas e Engenharias. Uma área que o Ceará se destaca em relação ao País na quantidade de mulheres é na área da saúde, fato atribuído em parte à existência de programas de pós-graduação no Estado com excelência nacional e internacional na área de enfermagem onde as pesquisadoras representam ampla maioria.

O perfil de distribuição das bolsas de produtividade do CNPQ no Ceará quando se analisa os diferentes níveis, de forma geral não difere muito do que é observado no País. No nível 2 é que temos o maior número de bolsistas e o percentual de participação feminino é de 31%, comparado com 39% no País. Esse ponto merece atenção pois representa, na maioria dos casos, as bolsas destinadas aos jovens pesquisadores que estão ingressando no sistema. O percentual próximo de 30% pode indicar que no Estado do Ceará, os jovens pesquisadores a ingressar no sistema de bolsas de produtividade do CNPq são na maioria homens.

Os dados globais referentes à participação de homens e mulheres no sistema de bolsa de produtividade do CNPq no estado do Ceará possui assimetria maior que aquela verificada no cenário nacional. É importante mencionar que ao se tomar como referência a participação de homens e mulheres como docentes permanentes dos programas de pós-graduação, o natural seria haver um percentual de bolsistas mulheres da ordem de 42%, enquanto, os dados revelam um percentual de apenas 32%. Essa assimetria é ainda maior quando é feito o recorte por área do conhecimento. Apenas duas áreas do conhecimento (Saúde; e Letras, Linguística e Artes) apresentam um maior número de bolsistas mulheres. As áreas de Ciências Humanas e Ciências Biológicas apresentam um equilíbrio, sendo que as áreas de Engenharia, Exatas e da Terra apresentam uma grande assimetria, tanto na participação de mulheres, e ainda mais acentuada na distribuição de bolsas de produtividade.

Esse diagnóstico demonstra, por meio de vários indicadores, que existe um desequilíbrio de gênero no ecossistema de ciência e tecnologia do Estado do Ceará,

e que os atores do sistema de CT&I devem implementar ações e/ou políticas para acelerar a busca pela igualdade de gênero, contribuindo para o alcance da meta do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 5 da Organização das Nações Unidas. A Funcap, de forma pioneira, lançou em fevereiro/2022 uma chamada para financiar projetos de pesquisa em todas as áreas do conhecimento que sejam coordenados por mulheres cientistas.

Tendências

É importante mencionar como se situa o Estado do Ceará no panorama internacional de geração de conhecimento nos últimos anos. Uma das métricas utilizadas para esse objetivo é a análise de tendência. O que se percebe é um avanço qualitativo importante de instituições novas, tanto públicas quanto privadas, demonstrando um dinamismo importante das instituições cearenses. Uma análise da produção científica do Estado do Ceará nos últimos 5 anos (2017 a 2021) das 10 instituições que mais produziram artigos (UFC, UECE, Unifor, Urca, IFCE, Unilab, UFCA, UVA, Unicrhystus, ICC) revela as seguintes características:

• A UFC é a instituição que lidera na quantidade de artigos participando de 73% da produção científica, tendo 8 citações por artigo, e um impacto ponderado pelas áreas de 0,84 (a média mundial desse indicador é 1).
• A Unifor é terceira instituição em quantidade de artigos (participa de 12,2% da produção) e lidera a primeira posição no estado em impacto; média de 11 citações por artigo e impacto ponderado por área de 1,22 (a única instituição do Estado com indicador maior do que a média mundial).
• As novas instituições, IFCE e UFCA, ambas com atuação no interior do Estado, se destacam por possuírem indicadores de impacto próximo da média mundial, tendo 0,93 e 0,97 de impacto ponderado por área, respectivamente.

Esses resultados demonstram que o ecossistema de geração de conhecimento, em parte fomentado pelo Governo Estadual, se expande com qualidade nas instituições federais, estaduais e particulares. Importante frisar a participação com qualidade das universidades localizadas no interior do Estado.

Um Novo Tempo na Funcap

Como já mencionado, qualquer análise do ecossistema de ciência do Estado do Ceará captura de forma clara o papel da Funcap. Não é exagero dizer que a ciência e a pós-graduação no Estado do Ceará tem a linha do tempo marcada por dois períodos bem distintos, antes e depois de Funcap. Mesmo cumprindo bem o papel de fomentadora da ciência e tecnologia do Estado do Ceará ao longo dos anos, a Funcap nos últimos 5 anos entrou em uma nova fase com inovações na sua atuação, tanto no que diz respeito às novas formas de fomentar a ciência, tecnologia e inovação, quanto também na modernização dos seus processos.

Em 2018, a Funcap entrou em uma nova fase com o compromisso do Governo Estadual em cumprir o repasse constitucional dos 2% da arrecadação conforme

previsto em Lei. Essa mudança implementada por meio de um acórdão com o Tribunal de Contas permitiu um crescimento contínuo do orçamento da Fundação desde então e atingirá o teto nos próximos anos. Uma mudança na constituição foi realizada em junho de 2023 criando a expectativa de que os 2% serão repassados para a Funcap. O aporte de recursos permitiu ampliar alguns programas tradicionais de apoio, como fomento às bolsas de formação, manutenção de laboratórios, projetos de interiorização, dentre outros. A inovação foi a criação de uma linha de fomento que tem como objetivo utilizar a ciência para desenvolver o Estado, em um processo chamado de inovação pública. É patente que o desenvolvimento científico é condição necessária, mas não suficiente para promover o desenvolvimento da sociedade, principalmente nos países onde a ambiente não é favorável para a inovação e a nucleação de empreendimentos de base tecnológica.

Buscando contemplar essas duas condições em relação à ciência produzida no Estado do Ceará, a presidência da Funcap criou o Chamado Programa Cientista Chefe que tem como objetivo utilizar a ciência e o capital humano desenvolvido no Estado. Facilitando e formalizando redes de pesquisa e inovação envolvendo Governo e Academia, e ainda encorajando a formação de empresas inovadoras a partir de tecnologias desenvolvidas nos projetos. O Programa Cientista Chefe oferece uma oportunidade singular de formação de recursos humanos por meio da pesquisa aplicada a desafios do poder público. Com o êxito dos resultados alcançados e de forma a fortalecer o reconhecimento da sua importância econômica e social, o programa foi alçado a política pública regulamentada por Lei Estadual em 2021. Os avanços de cada uma das áreas beneficiadas estão documentados nos demais capítulos desse livro de onde depreende-se a pavimentação para um Estado Inovador.

Uma das ações da Funcap nos últimos anos tem sido a Inovação em Processos e Modelagem de Requisitos para a Nova Plataforma de Gestão do Fomento da Funcap que tem tornado os processos mais enxutos e eficientes, além de apresentar quais requisitos são importantes para que se implemente na organização um sistema informacional capaz de atender às demandas específicas de CT&I, tornando a instituição ainda mais eficaz. A modelagem de processos integra a nova plataforma gerencial do fomento que se acopla de forma automática com a vitrine de indicadores do sistema de CT&I. Os indicadores emergiram do sistema de avaliação, de acompanhamento e de estímulo institucional dos resultados alcançados por suas linhas de fomento nas áreas Científica e de Inovação, subsidiando decisões que possam culminar no contínuo aperfeiçoamento das políticas públicas integradas de Ciência, Tecnologia e Inovação. Para atingir esse objetivo, foram desenvolvidas várias atividades em diferentes dimensões, indo desde a organização de banco de dados, modernização da gestão do fomento usando metodologia *low-code* e *no-code*, passando pela definição dos indicadores do sistema de ciência e tecnologia, avaliação do fomento à interiorização e à inovação, até a divulgação dos dados e resultados em uma plataforma interativa, chamada de Vitrine Científica e Tecnológica.

A Vitrine Científica e Tecnológica apresenta os dados qualitativos e quantitativos agrupados em função das áreas de fomento da instituição, por meio dos seus diversos programas de Ciência (auxílio a projetos, bolsas de formação, interiorização e internacionalização) e Inovação (inovação empresarial e Programa Cientista Chefe), por meio da evidenciação de métricas, indicadores e painéis qualitativos dos seguintes tipos:

- Fomento à Ciência: número de bolsas concedidas e investimentos realizados nos diversos Programas (ex: Iniciação Científica, Mestrado, Doutorado, Estímulo a Interiorização, Cooperações Internacionais);
- Fomento à Inovação Empresarial: Número de bolsas concedidas e investimentos realizados nos Programas (ex: Tecnova, Inovafit, Centelha, Conecta); Indicadores de mensuração do perfil das empresas beneficiadas e do impacto do fomento (ex: Maturidade Tecnológica, Escala CERTI, capital humano e capital social);
- Fomento à Inovação Pública: número de bolsas concedidas e investimentos realizados nos Programas (Cientista Chefe e Outros); Indicador de mensuração do perfil das equipes beneficiadas (capital humano e capital social); Informações sobre áreas do Programa Cientista Chefe, equipes envolvidas, projetos aprovados e realizações de destaque;
- Ecossistema de CT&I do Ceará: número de publicações científicas cearense a nível nacional e internacional; Número de patentes de propriedade intelectual; Instituições com PD&I; Número de startups; Cursos de graduação e pós-graduação, entre outros;
- Painéis de dados qualitativos e blogs de conteúdos acerca dos resultados dos Programas de Fomento à Ciência e a Inovação Empresarial e Pública.

A Vitrine Científica e Tecnológica vem sendo desenvolvida a partir das boas práticas de Design e Tecnologia da Informação e Comunicação, contando assim com tecnologias responsivas, escaláveis, interativas e intuitivas, visando a geração de transparência e usabilidade para as partes interessadas e para a sociedade de modo geral.

Considerações Finais

Considerando os diversos indicadores apresentados nesse artigo, é notório o desenvolvimento da ciência no Estado do Ceará, principalmente nos últimos 8 anos (2015 - 2022). A Funcap teve um papel estratégico nesses avanços, que podem ser quantificados nos seguintes indicadores.

- Aumento de 3,4 vezes o número de Programa de Pós-Graduação com Excelência Internacional tornando o Estado o primeiro colocado nesse item nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste;
- Expansão do processo de interiorização com o aumento do número cursos de mestrado (86%) e a criação do primeiro programa de doutorado em 2017 na URCA;
- Aumento de 75% da produção científica internacional;
- Aumento de 30% do número de bolsistas de produtividade do CNPq em um cenário que a oferta nacional não foi ampliada.

A consolidação da excelência acadêmica alicerça um ecossistema de produção de conhecimento e infraestrutura com bom nível de preparação para responder às necessidades da sociedade, ou seja, tem permitido um outro momento em que se materializa o desenvolvimento do Estado por meio da Ciência. Nesse sentido, pode-se celebrar a articulação entre Governo, Academia, Setor Empresarial e outras instituições parceiras, que possibilitaram o sucesso da implementação dos programas de fomento à Inovação pública e empresarial e dos projetos emergenciais apoiados pela Funcap no combate à Pandemia de COVID-19. A resposta científica e tecnológica que o ecossistema de CT&I foi capaz de dar perante a atual crise sanitária no Ceará demonstrou uma grande capacidade intelectual instalada no Estado e o enorme potencial de colaboração a ser explorado para resolver problemas de grande relevância para a sociedade, a exemplo do capacete Elmo que foi desenvolvido em tempo relativamente curto, mobilizou diferentes atores de CT&I, serviu à sociedade salvando vidas, e tem sido premiado em congressos científicos da área e reconhecido pelo Governo do Estado com a medalha da abolição. Esse *case* é simbólico, indicando que o ambiente tem os ingredientes necessários para desenvolvimento de soluções tecnológicas.

No entanto, a pandemia também revelou áreas que precisam ser nucleadas/fomentadas para que a capacidade de resposta na área da saúde seja mais ampla e contemple toda a cadeia associada às doenças, indo desde os estudos da biologia molecular das doenças, passando pela assistência até a epidemiologia. Portanto, faz-se necessário a estruturação de uma rede compartilhada de infraestrutura e insumos e uma atuação colaborativa dos grupos de pesquisa com excelência acadêmica internacional de diversas áreas conhecimento para atuar em problemas com nível de segurança exigido para alguns patógenos, como o Coronavírus. A emergência da Covid-19 sinaliza essa necessidade do Estado, juntamente com as instituições de pesquisa e assistência à saúde, estruturar uma ação para articular o ecossistema de pesquisa, pós-graduação e Inovação nas áreas biomédicas do Ceará. Essa ação deve ter como elemento estruturante o compartilhamento das infraestruturas de biotérios, de genômica, de microscopia e de ensaios clínicos.

Outra estratégia que pode ser utilizada para ampliar a inserção da comunidade científica estadual na fronteira da ciência mundial é promover a participação dos pesquisadores em grandes redes internacionais. O Estado tem diversas oportunidades para serem exploradas nesse sentido a exemplo de potencialidade para se integrar em projetos que envolvem produção de energia limpa, paleontologia, recursos hídricos e economia do mar. As políticas voltadas para a interiorização da CT&I tem gerado bons resultados e devem continuar sendo aprimoradas e fortalecidas para promover o desenvolvimento científico do estado de forma mais equânime nas diversas regiões. A política de promoção da equidade de gênero iniciada de forma pioneira em 2022 deve ser ampliada nos próximos anos.

“Virando o Jogo - Juventude e Superação": Intervindo e Monitorando para Construir Competências Familiares e Habilidades Socioemocionais

Márcia Maria Tavares Machado

Colaboradores
Danyelle Nilin Gonçalves
Ricardo Hugo Gonzalez
Jaína Linhares Alcântara
Raquel Alencar Barreira Rolim
Alexandre Kerr Pontes
Mariana López Matias
Irapuan Peixoto Lima Filho
Vita Caroline Mota Saraiva Quinderé
Gustavo Raposo Pereira Feitosa
Lilia Maia de Morais Sales.

RESUMO

O projeto "Virando o Jogo - Juventude e Superação": Intervindo e Monitorando para Construir Competências Familiares e Habilidades Socioemocionais, coordenado no âmbito do Programa Cientista Chefe de Proteção e Ação Social, divide-se em dois eixos: 1) intervenção e 2) monitoramento. O primeiro tem como objetivo desenvolver intervenções por equipes interdisciplinares, reforçando habilidades socioemocionais e cognitivas, fatores protetivos e suporte afetivo para jovens e familiares em situação de alta vulnerabilidade social e econômica. A intervenção é realizada por psicólogos e assistentes sociais, assessorados por professores universitários e especialistas em projetos para infância e juventude, coordenados diretamente pela equipe da Vice-governadoria do Estado do Ceará e vínculo direto com a Secretaria da Proteção Social (SPS). O trabalho realizado de intervenção psicossocial tem sido um forte aliado ao PVOJ, auxiliando a gestão pública, para evitar abandono da formação, melhorar as condições socioemocionais dos jovens e auxiliar na dinâmica do projeto, para que se tenha melhor adesão e participação. O segundo eixo tem como objetivo geral realizar o monitoramento da eficácia e eficiência do PVOJ como política pública, a partir da aplicação de três questionários, realização de grupos focais, prática de entrevistas individuais semiestruturadas, acompanhamento dos evadidos por meio de busca ativa e aplicação de questionários com egressos (follow-up) após seis meses do fim das atividades do projeto, para cada uma das edições do projeto. Como contribuição adicional, a Cientista Chefe, vinculada à Secretaria de Ação e Proteção Social do Estado do Ceará, participou do planejamento e avaliação do Programa Cartão Mais Infância Ceará (CMIC), auxiliando na implantação do BigData Social, conjuntamente com o Cientista Chefe de Ciência de Dados. Os resultados vêm auxiliando na tomada de decisões públicas para o Estado do Ceará.

Introdução

O Programa Cientista Chefe da Secretaria da Proteção Social (SPS), desenvolvido de 2019 a 2022, foi iniciado a partir de um diálogo e planejamento com a equipe da Vice-governadoria do Estado Ceará e o Presidente da FUNCAP, Prof. Tarcísio Haroldo Cavalcante Pequeno, que convidou a Profa. Marcia Maria Tavares Machado (UFC) para auxiliar na implementação de uma intervenção e pesquisa, testando modelos de ações, junto aos jovens residentes em áreas periféricas de Fortaleza.

Criado pelo governo do Estado do Ceará como um dos braços do Programa Superação (Lei Estadual Nº 17.086, de 25 de outubro de 2019), o Projeto Virando o Jogo (PVOJ) se propõe a ser uma "nova geração de políticas públicas" voltadas para a reinserção escolar, a qualificação para o trabalho, formação cidadã e o empreendedorismo para a juventude. Concomitantemente às formações, fornece, também, acompanhamento psicossocial aos jovens e seus familiares, além de encaminhamentos à rede de proteção social.

No primeiro eixo da intervenção, equipes interdisciplinares de assistentes sociais e psicólogos (com assessoria de professores universitários e experts em trabalho com a infância e juventude), desenvolvem junto aos jovens e seus familiares ações diretas, reforçando as habilidades socioemocionais e cognitivas, os fatores protetivos e o suporte afetivo. Toda a intervenção individual é realizada, primeiramente, como uma ação de identificação de vulnerabilidades singulares, no intuito de manter o apoio à permanência no projeto. Essas equipes acompanham os participantes, fornecendo escuta ativa, interlocução com serviços da rede de saúde e socioassistencial, orientações, visitas domiciliares e encaminhamentos à rede de proteção social. Todo o trabalho busca orientar intervenções junto à gestão pública, segundo sua eficácia e eficiência como política pública.

O segundo eixo tem como objetivo geral realizar o monitoramento da eficácia e eficiência do PVOJ como política pública do Governo do Estado do Ceará, a partir de metodologia de pesquisa quantitativa e qualitativa com equipe multidisciplinar de pesquisadores do Direito, Sociologia, Psicologia e Serviço Social. Tem como objetivos específicos: 1) Caracterizar o perfil dos jovens participantes e coletar informações sobre suas expectativas para o Projeto Virando o Jogo; 2) Conhecer os planos e perspectivas para o futuro e avaliar os efeitos do PVOJ sobre as expectativas dos jovens; 3) Avaliar a experiência e os efeitos da fase de formação profissional oferecida aos jovens a partir de suas impressões; 4) Avaliar os reflexos de médio prazo do programa sobre a vida do jovens, especialmente quanto à reinserção escolar, profissionalização e ingresso no mercado de trabalho.

Durante todo o período de intervenção e monitoramento pudemos avaliar, sistematicamente, cada passo implementado e destacamos alguns pontos fortes do PVOJ: a proposta do projeto, integrando intervenções que promovem suporte psicossocial aos jovens. Essa intervenção, com a realização de teste de viabilidade, pode sugerir os pontos críticos e orientar a gestão pública para aplicação posterior da intervenção em larga escala; a realização de pesquisa contínua para monitoramento e

avaliação de todas as edições do projeto; manutenção do padrão de qualidade das equipes envolvidas, com profissionais das Ciências Sociais e Humanas (mediadores), supervisores, gerentes, monitores, articuladores e gestores da vice-governadoria; intervenção realizada por equipes de pesquisa multidisciplinar nas áreas de Ciências Socais, Direito, Psicologia, Serviço Social, Administração e Estatística; interação positiva de escuta atenta com os jovens, buscando reduzir danos emocionais e estimulando-os para a reinserção escolar; ter coleta e análise de dados sobre fatores de risco e de proteção frente a descontinuidade escolar; ter acompanhamento permanente e sistemático dos jovens do PVOJ, avaliando o seu crescimento durante cada fase e facilitando a melhoria de sua autoestima; utilização de linguagem adequada e próxima aos jovens, utilizando dinâmicas com metodologias ativas; interação positiva com toda a equipe de organização e gestão do PVOJ, discutindo casos, acompanhando e avaliando as ações realizadas sistematicamente; criação de formulários digitais para registro de todos os atendimentos e acompanhamento das atividades, utilizando a plataforma JotForm.

Durante o primeiro ano de pandemia da Covid-19, as equipes foram mobilizadas, para oferecer acompanhamento remoto fazendo com que o projeto tivesse continuidade, com a ajuda de atividades online, inclusive para a realização da pesquisa para conhecer o perfil dos jovens assistidos e identificar os principais problemas que eram vivenciados no dia a dia. A modalidade remota, inclusive, exigiu das equipes a criação de metodologias de trabalho e pesquisa específicas, o que resultou em inovação.

Percebendo a necessidade de adentrar no contexto familiar, logo que liberado o contato direto dos profissionais, foram realizadas visitas domiciliares e encontros grupais com cuidadores e os jovens. Para subsidiar as equipes da vice-governadoria e da SPS, foram realizados relatórios mensais, reuniões para apresentar as recomendações de estratégias ao poder público com o objetivo de orientar a execução das políticas públicas e o seu aperfeiçoamento. As atividades de formação profissional dos jovens, executadas pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC), foram um ponto motivador para que os jovens pudessem desenvolver habilidades e preparação em algum curso que oferecesse condições de aprender e exercitar novas possibilidades para crescimento pessoal e profissional, requisitos essenciais numa futura inserção no mercado de trabalho.

Naqueles que se inscreveram no PVOJ, havia a necessidade de propor estratégias que buscasse evitar a evasão dos participantes do projeto durante as atividades, especialmente nos primeiros meses da formação. Para isso, percebeu-se a necessidade de ter modelos de comunicação mais acessíveis aos jovens, via marketing nas redes sociais, com a divulgação dos resultados do programa, para estimular novos jovens a participar do PVOJ. Além disso, houve dificuldade em atingir o público de egressos do sistema socioeducativo ou penal.

Principais Resultados Alcançados

Foram realizados mais de 3.000 atendimentos individuais e grupais pelas equipes de psicólogos e assistentes sociais de 2020 a 2022, visitas domiciliares, grupos com pais e

cuidadores dos jovens, além de estudos de casos e encaminhamentos para os serviços da rede pública do município de Fortaleza.

Até o final de 2022 foram aplicados pela equipe de monitoramento 6.862 questionários com jovens participantes do projeto, 243 questionários com egressos e 48 grupos focais, com 288 jovens em mais de 3.800 minutos de gravações, além de 26 entrevistas semiestruturadas individuais. Os dados da pesquisa permitem mapear o perfil dos jovens participantes do PVOJ a partir de variáveis como idade, sexo, escolaridade, renda, situação ocupacional e muitas outras, que constroem indicadores como os fatores de risco para vulnerabilidade social, abandono escolar, saúde mental, ambição profissional e escolar, dentre outros, além de uma avaliação sistemática do próprio PVOJ, a partir de sua metodologia, estratégias didáticas, profissionais e infraestrutura ofertada. Os grupos focais e as entrevistas permitem analisar as narrativas e discursos dos jovens sobre aqueles mesmos indicadores e outros, como sonhos de futuro, e construir variáveis sobre abandono escolar, violência, comunidade, família e escola.

Como parte do processo do teste de viabilidade desta intervenção, buscamos identificar os pontos fracos que percebemos, numa perspectiva de apontar as fragilidades para a equipe de gestão, como forma de adequação e melhoria das práticas adotadas em todo o percurso das ações desenvolvidas. Os atendimentos individuais com os psicólogos e assistentes sociais eram negociados com os jovens em situação de alta vulnerabilidade, mas muitos não compareciam aos atendimentos programados, com a justificativa de que eram proibidos pelos parceiros (especialmente as mulheres), decorrente de ciúmes da participação no projeto. Também foi mencionado que a não presença durante a formação foi devido aos conflitos vivenciados com as facções criminosas nos territórios, que limitavam a mobilidade e, em alguns casos, expulsavam os jovens de sua moradia. Jovens grávidas ou com filhos pequenos não recebiam atendimento sistemático na rede de atenção social e de saúde nos territórios e desistiam do projeto por não terem asseguradas as vagas nas creches. Em função do compartilhamento de automóvel para territórios diferentes, em diversos momentos havia dificuldade no deslocamento para o trabalho de campo, não sendo possível fazer visita domiciliar conforme o planejamento programado.

Não há, ainda, um sistema integrado de dados inteligente para acompanhamento dos jovens ao longo do tempo. Isso tem implicações para a realização do monitoramento, pois cria dificuldades de comunicação com os jovens pela desatualização dos contatos telefônicos ou eletrônicos, prejudicando a coleta de dados e o monitoramento longitudinal. Uma outra dificuldade apontada refere-se à questão relacionada ao pagamento das bolsas com atraso aos jovens, o que dificultou a presença em algumas atividades, tendo sido mais perceptível em algumas edições mais recentes.

Um outro aspecto que podemos considerar como frágil e que necessita ajuste relaciona-se ao número insuficiente de vagas nos cursos ofertados pelo SENAC, para atender ao interesse e aptidão dos jovens. Além disso, precisa haver maior integração dos projetos de governo, absorvendo os jovens que concluem a formação do PVOJ, nas atividades de empregabilidade e inserção nas escolas e universidades.

Sendo esta intervenção um modelo novo de atenção aos jovens que vivem em condições

de vulnerabilidades sociais, econômicas e socioemocionais, compreendemos essa proposta como um processo de aprendizado, buscando identificar as situações mais delicadas que necessitam de aprimoramento. Dessa forma, foram vivenciados momentos desafiantes, que passaram por um processo de identificação, diálogo e testagem de novas formas de condução. Como exemplos, podemos evidenciar a rotatividade dos integrantes das equipes de mediadores (psicólogos e assistentes sociais) já capacitados para atuação no campo por conseguirem empregos com salários mais atrativos ou por considerarem a área com um elevado nível de insegurança.

Outro desafio percebido é ter um sistema de dados mais moderno e integrado ao que é utilizado pelo Governo do Estado, para avaliação sistemática dos indicadores do PVOJ e acompanhamento, ao longo do tempo, dos jovens que participaram. Como perspectiva futura, torna-se necessário avaliar o impacto do programa dos egressos, focando na reinserção escolar, empregabilidade futura, ingresso nas universidades e redução de casos de violência entre os jovens.

Para uma perspectiva de ampliação do PVOJ em outros municípios do Ceará, é necessário avaliar a cultura e a complexidade local na execução de um programa que integra diferentes jovens (seja no nível educacional, como na implicação destes, em medidas socioeducativos pregressas).

As soluções para os desafios encontrados pelos integrantes dos grupos de intervenção e monitoramento foram contornadas através de reuniões com as diferentes equipes que amparam o projeto, para discussão e produção de indicadores viáveis, monitoramento e avaliação da intervenção; produção de uma maior troca de informações entre as diferentes instâncias do projeto, compartilhando e analisando, sistematicamente, os dados levantados. Quanto à integração dos dados das diferentes instâncias do PVOJ, que ainda permanece um desafio técnico, por conta do uso de plataformas distintas e não integradas ao sistema de informações do Governo, foi criado o registro dos atendimentos realizados através da plataforma JotForm, que poderá ser migrado, futuramente, para um sistema mais complexo.

Desdobramentos das Atividades Realizadas

Com base nas atividades realizadas desde 2019, pode-se perceber os seguintes desdobramentos: integração direta da equipe de gestão com as instâncias responsáveis pelo projeto, Vice governadoria e Secretaria da Proteção Social (SPS), para a discussão de cada passo dado pelo PVOJ e proposição de ações, baseadas nas observações e avaliação dos dados.

A proposta de intervenção coordenada pelo Programa Cientista Chefe tem trazido um diálogo muito aproximado com a gestão estadual (secretários estaduais), exigindo da equipe uma atenção especial na definição de cada etapa, para a proposição de ações futuras. Baseada na experiência acumulada nos três anos, as ações desenhadas pelo programa de expansão para mais 9 municípios do Ceará, seguem uma orientação baseada em evidências.

No tocante ao monitoramento, dentre os resultados esperados pode-se destacar a

criação de metodologias de aplicação de três questionários complementares ao longo dos meses de execução do projeto, que permitem a combinação de um número maior de variáveis ao longo da participação dos jovens no PVOJ. Também se desenvolveu a estratégia de realização de grupos focais para diversos approaches, como: de natureza totalmente online (com pesquisadores e interlocutores mediados por meio de plataformas digitais, como Zoom e Google Meet); de natureza mista ou híbrida (interlocutores via plataforma digital e pesquisadores reunidos presencialmente ou vice-versa); e totalmente presencial. A pesquisa desenvolveu uma metodologia qualitativa e quantitativa cruzada de caráter longitudinal ao longo dos sete meses de duração do projeto e mais seis meses após o término, na qual se aplicam três questionários, grupos focais, entrevistas, questionários com evadidos e questionários com egressos, possibilitando uma análise combinatória de variáveis em regressão logística. Desenvolveu-se ainda uma metodologia de análise qualitativa por meio do software Nvivo a partir da organização em casos, estratificação de atributos por casos, codificação temática dos casos, criação de árvores de clusters por meio de afinidade de codificações, criação de matrizes cruzadas de codificações com atributos de casos.

A cada edição do projeto tentamos aperfeiçoar os processos de intervenção para que os dados coletados cheguem ao nosso alcance da maneira mais rápida e eficaz, aperfeiçoando o processo de comunicação. Foram criados tutoriais para facilitar o preenchimento dos dados, com uma maior supervisão do registro de dados, realizada sistematicamente e apresentados aos atores envolvidos para maior planejamento das ações.

Em termos de monitoramento, convém destacar a elaboração do perfil dos jovens participantes do Virando o Jogo, a partir de uma abordagem mix-métodos, com a utilização de diversos instrumentos de pesquisa e análise aplicados durante as etapas do Programa. Os dados também permitiram que fossem cruzadas variáveis, obtendo um aprofundamento sobre os diversos fatores que influenciam o abandono e reinserção na escola. Essas informações apoiam o Virando o Jogo, oferecendo uma base sólida para melhorias no Programa e estruturação de base de dados.

Além da produção dos relatórios contendo recomendações ao poder público e da criação do Sistema de Informação de Dados do Programa de Intervenção Virando o Jogo, utilizando a Plataforma JotForms, o trabalho realizado vem gerando produtos, tais como artigos científicos, livros, capítulos de livros, podcasts e trabalhos apresentados em eventos científicos.

Considerações Finais e Recomendações

O projeto (PVOJ) representa um empreendimento realizado em contínuo diálogo com o Governo do Estado, com o Programa Cientista Chefe e tem permitido às instituições públicas monitorá-lo de modo muito preciso e racional. A expertise dos pesquisadores amplia o conhecimento sobre os jovens participantes, motivos do abandono e sobre esse fenômeno mais amplo das relações entre a evasão escolar, a profissionalização, a violência, entre outros.

O PVOJ mostra-se muito potente e necessário ser disseminado no Ceará, tendo em vista

a repercussão positiva na vida de muitos jovens, que vivem em situação de vulnerabilidade social, econômica e emocional, a saber: aproximadamente 35% dos jovens que haviam abandonado a escola, estão retornando aos bancos escolares; mesmo com um elevado número de jovens com transtornos emocionais (aproximadamente 42%) e/ou ideação suicida, não cometem atos definitivos, graças ao suporte das equipes que os acompanham. Ao contrário, muitos relatam como o acompanhamento proporcionou uma melhora no bem-estar, na elevação da autoestima e nas perspectivas para o futuro.

A dificuldade de comunicação com os jovens e suas famílias pelos telefones e endereços desatualizados por eles informados, se constitui em um obstáculo para o alcance das metas de acesso universal aos participantes do Programa Virando o Jogo. Sabendo desta realidade, propõem-se alternativas de contato, minimizando o risco de possíveis perdas, como a construção de um fluxo de diálogo contínuo com esses jovens mesmo ao fim do projeto. O diálogo permanente entre as equipes de Intervenção e pesquisa do projeto é também fundamental para o acompanhamento de todo o processo de articulação das fases da pesquisa. Ao mesmo tempo, a situação da pandemia acrescentou um desafio adicional ao conjunto de dificuldades associadas ao projeto.

As dificuldades contornáveis encontradas no projeto, são de ordem interna à dinâmica do campo, tais como: rotatividade de profissionais, dificuldades de implantação das atividades programadas no início do ano, resistência de alguns profissionais no preenchimento de dados na plataforma Jotforms, realização de edições concomitantes, mudanças na metodologia do trabalho de campo em função da pandemia, dificuldades de comunicação com alguns atores do processo; dificuldades de locomoção nas áreas, especialmente pela violência urbana; dados dos jovens e das famílias incompletos no processo de cadastramento; endereços informados e não encontrados durante a realização de visitas domiciliares; conflitos entre facções criminosas; desistência de jovens do projeto; atrasos no pagamento da bolsa, causando desestímulo; baixa adesão dos pais e cuidadores nos encontros de famílias, dentre outros.

Para reduzir a rotatividade dos profissionais que atuam nas áreas que possuem a atividade de seguimento dos jovens, propomos a contratação desses profissionais, regidos pela CLT, com salário diferenciado, em decorrência da alta complexidade da atenção a esses jovens, que vivem em áreas com grau elevado de violência urbana e com situação de vida muito vulnerável. O suporte de psicólogos (assessores) que realizam apoio clínico aos mediadores, que estão na frente do processo de acompanhamento e escuta dos jovens, é fundamental para reduzir o nível de estresse causado pelo acúmulo de problemas acompanhados.

Salienta-se, no entanto, que a cada edição do projeto é identificado que em torno de 20 a 25% dos jovens pertencem à população LGBTQIAPN+, necessitando, portanto, de políticas específicas para esse segmento.

Para a avaliação do impacto do projeto, é necessário o planejamento de pesquisa utilizando o modelo caso-controle, dos jovens que frequentaram e não frequentaram as atividades de formação.

Tendo em vista a diferença do perfil dos jovens, sugerimos que sejam testadas turmas que possuam atividades diferenciadas e medidos indicadores de permanência no projeto, adesão e resultados positivos, em um tempo de aproximadamente 5 anos.

Para que o projeto tenha disseminação interna, entre os jovens e familiares, devem ser adotadas medidas de aproveitamento desses jovens em atividades do governo, avaliação da taxa de aprovação em cursos superiores e técnicos e seguimento desses jovens em bases de dados do governo (SEDUC, Segurança, Emprego e renda etc.) de forma longitudinal.

O custo-benefício da mudança de comportamento que o projeto é capaz de promover para jovens, suas famílias e em decorrência para a comunidade, torna-se essencial que o governo ofereça um suporte para o acompanhamento dos egressos, num período de 5 anos, tempo que permite predizer o impacto gerado por essa iniciativa.

O Cientista Chefe de Inovação do Governo do Estado do Ceará e seus Impactos no Ecossistema de Inovação do Estado

Samuel Façanha Câmara

Colaborador
José Milton de Sousa Filho

RESUMO

O programa do Cientista Chefe de Inovação baseia-se no pressuposto de que a inovação em ecossistemas locais como o do Estado de Ceará pode ser efetivamente e positivamente impactada por políticas públicas bem conduzidas. Adicionalmente, a este pressuposto geral, os projetos seguem o princípio norteador do próprio Programa Cientista Chefe, qual seja, o de que o conhecimento científico é capaz de contribuir e enriquecer a inovação no setor público. A partir deste ideário foi possível criar um processo de inovações em camadas o qual se inicia com a primeira camada que é a inovação do próprio Programa Cientista Chefe, enquanto inovação no setor público, e cria-se a segunda camada com duas inovações em termos de políticas públicas de estímulo a inovação: i) o Programa Clusters Econômicos de Inovação (PCEI), que possui uma abordagem do tipo smart especialization regional e ii) o Processo de Avaliação sob a ótica da pesquisa em Gestão dos Editais de Inovação da FUNCAP. Com estas duas políticas inovadoras chega-se a terceira camada de inovações, estas promovidas pelas startups e empresas que geraram projetos tecnológicos inovadores a partir do PCEI e dos Editais de Inovação da FUNCAP.

Introdução

A atuação do Cientista Chefe de Inovação foi estruturada a partir de um meta projeto (projeto guarda-chuva) e dois subprojetos coordenados. O problema central abordado nestes projetos foi a necessidade de processos avaliativos das políticas públicas de estímulo à inovação e a baixa Interiorização da Inovação no Estado. Assim, o meta projeto "Ecossistema de inovação e o desenvolvimento econômico do estado do Ceará" teve como objetivo geral desenvolver mecanismos de estímulo à inovação no Estado do Ceará, considerando os atores de seu ecossistema, suas potencialidades e oportunidades e como objetivos específicos:

- Identificar e avaliar os diferentes mecanismos de estímulo à inovação no Estado Ceará;
- Propor melhorias nas políticas de inovação e ampliar as mesmas, desenvolvendo novos mecanismos de estímulo, considerando a territorialidade do Estado, suas atuais vocações econômicas, o potencial empreendedor e a sua capacidade de produzir e transferir conhecimento, especialmente das Instituições de Ciência e Tecnologia para o setor produtivo.

Associados ao meta projeto, foram desenvolvidos dois subprojetos um associado à FUNCAP e outro à SEDET. O primeiro teve como título: "Avaliações, Conexões e Desenvolvimento do Ecossistema de Inovação do Estado do Ceará" e possuiu como objetivo geral promover o desenvolvimento dos programas de estímulo à inovação do governo do Estado do Ceará, quais sejam, os Editais de Subvenção Econômica da FUNCAP, os Corredores Digitais e os Clusters Econômicos de Inovação. Para atingir este objetivo geral o subprojeto teve os seguintes objetivos específicos:

- Desenhar, propor e acompanhar a implantação dos processos de avaliação, baseados em métodos estatísticos robustos, de forma contínua dos programas e integrando com as ações já desenvolvidas nos programas;
- Desenvolver metodologias de análise e avaliação para os dados coletados;
- Identificar e aplicar mecanismos, em rede, que elevem a integração desses programas com o ecossistema de inovação do Estado, considerando a relação com os HUBs de Inovação, Universidades/ICTs e com o setor produtivo.

O segundo subprojeto, associado à SEDET, foi intitulado "Clusters Econômicos de Inovação" (ciclos 1 e 2) e teve como objetivo geral fomentar o desenvolvimento de soluções inovadoras e a atração de talentos em setores priorizados em cada Região de Planejamento do Estado. Para tanto, teve como objetivos específicos:

- Selecionar Pesquisadores regionais que possam atuar nos Clusters Econômicos de Inovação distribuídos pelas macrorregiões do Estado, conforme especificados a frente;
- Promover a transferência de conhecimento entre os ICTs (Instituições de Ciência e Tecnologia) do Estado e os seus setores produtivos;
- Promover a construção empreendedora de soluções tecnológicas inovadoras que beneficie setores produtivos do estado;
- Realizar pesquisa de análise da evolução dos negócios inovadores e sua relação com setores produtivos tradicionais do Estado e o impacto no ecossistema de inovação.

Resultados

O trabalho do Cientista Chefe de Inovação se deu ao longo de pouco mais de 2 anos. Todos os esforços foram sempre desenvolvidos a partir de uma visão científica e seguindo resultados já apontados pela literatura e aplicando novos no sentido de melhorar as atuais políticas públicas de estímulo à inovação do estado, principalmente, em duas principais frentes: i) No Programa Clusters Econômicos de Inovação (PCEI), desde sua concepção até a sua operação em 2 ciclos, que se iniciam com identificação de problemas a serem resolvidos em setores relevantes para as regiões beneficiadas pelo programa, passam pela mobilização, seleção e desenvolvimento de startups que procurem resolver estes problemas de maneira inovadora. Todo este trabalho conta com a competente equipe de coordenação da SEDET (Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho) e; ii) Avaliações, Conexões e Desenvolvimento do ecossistema de Inovação do Estado do Ceará, com a participação da equipe de técnicos e pesquisadores, incluindo outros 3 Cientistas Chefes (de Ciência, Infraestrutura e Transformação Digital) que trabalham na FUNCAP e desenvolvem um relevante e pioneiro trabalho de avaliar políticas públicas de inovação, melhorando-as para impactarem de forma cada vez mais relevante sobre ecossistema de inovação do Estado. A seguir serão descritas, de forma suscinta, as principais entregas nestas duas principais frentes de atuação.

Clusters Econômicos de Inovação (PCEI)

O projeto Clusters Econômicos de Inovação (PCEI) que se realiza sobre a coordenação da SEDET (Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho) em parceria com a SECITECE (Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior) e da FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) está separado em 2 Ciclos de atuação temporal. O Ciclo I, executado quase todo em 2021 e uma parte até março em 2022 e o Ciclo II, a ser executado todo em 2022. O Ciclo II se encontra, no momento da escrita deste texto, na sua fase final. No Ciclo I foram atendidos 23 Clusters em 9 macrorregiões administrativas do Governo do Estado. No Ciclo II foram incluídas mais 5 novas regiões (completando todas as 14 macrorregiões do Estado) e ainda atendendo 6 regiões já comtempladas no Ciclo I, que por importância econômica ou por não terem obtido sucesso em selecionar Startups no Ciclo I, foram novamente incluídas no ciclo II. Ao todo foram atendidas 14 macrorregiões, 53 Clusters, sendo 23 no Ciclo I e 30 no Ciclo II (Figura 1).

Assim, com a parceria do programa corredores digitais da SECITECE e da participação dos Pesquisadores Regionais, Startups foram acompanhadas e orientadas tanto no sentido da gestão empresarial, como no desenvolvimento tecnológico. Nos 2 Ciclos foram apoiadas 121 startups em todas as macrorregiões com soluções para 53 clusters produtivos em 14 setores econômicos estratégicos do Estado e participaram 95 Pesquisadores Regionais das mais diversas instituições de Ensino Superior do Estado, em diversas áreas do conhecimento e em todas as macrorregiões. Desta forma, o PCEI entregou para o Estado, em aproximadamente 2 anos, além das startups e Pesquisadores com experiência em orientar projetos de inovação, uma capacidade inovativa estadual e interiorizada baseada em um capital humano mais experiente e

capaz de promover estes conhecimentos adquiridos no programa, na direção de forte evolução dos ecossistemas locais de inovação em todo o Ceará.

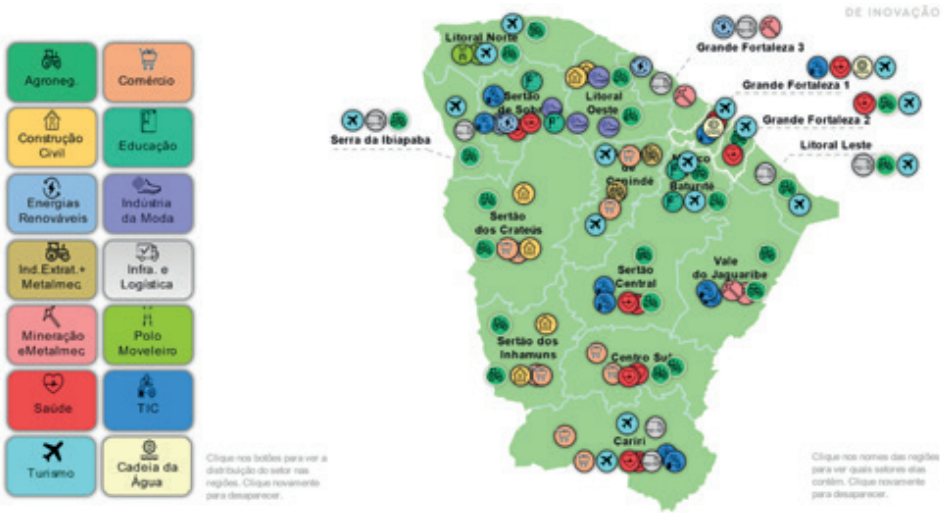


Figura 1: Clusters e regiões atendidas (Ciclo I e II). Fonte: elaborado pelos autores.

Avaliações, Conexões e Desenvolvimento do Ecossistema de Inovação do Estado do Ceará

Como o nome do subprojeto já expõe, a participação do Cientista Chefe se deu na construção de processos e mecanismos de avaliação de políticas públicas de estímulo à inovação (PEI) dos Governo do Estado do Ceará, a saber: i) editais de subvenção econômica da FUNCAP; ii) Corredores Digitais da SECITECE e iii) Clusters Econômicos de Inovação. Para dar suporte a estes processos, foi modelado e está em construção um banco de dados sobre os projetos e startups apoiadas por estas políticas. Este banco de dados conta com variáveis semelhantes entre os programas avaliados e variáveis de aplicação exclusiva a um determinado programa, por conta de suas especificidades e de esforços anteriores de levantamento de dados. O tamanho e a diversidade dos dados coletados podem ser observados na Figura 2.

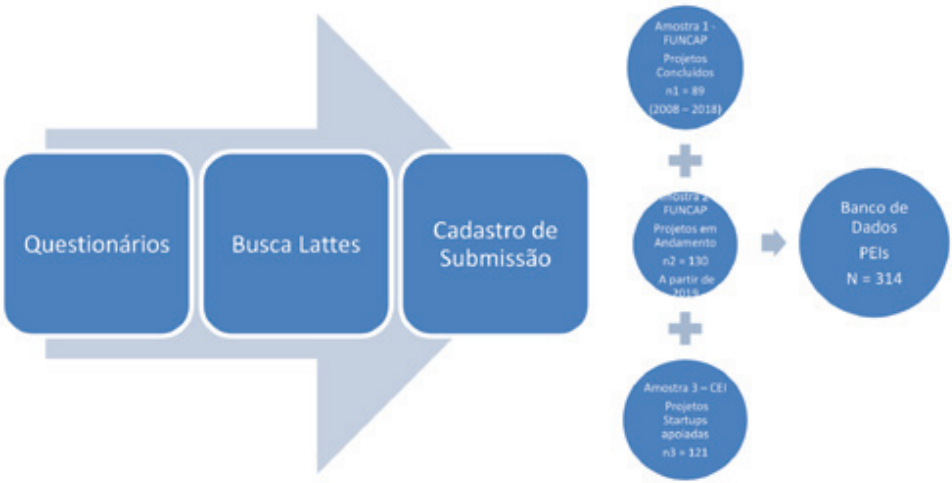


Figura 2: Composição do Banco de dados de Avaliação das PEIs. Fonte: elaborado pelos autores.

O banco de dados coletados para avaliação se pautou nas variáveis estabelecidas em framework teórico analítico (SALLES-FILHO, 2006; GIMMON e LEVIE, 2010; BOWERS e KHORAKIAN, 2014; CORDER e MAZZUCATO, 2014; FRANCO; C MARA; PARENTE, 2017; AUDRETSCH e LINK, 2018) que capturou relevantes variáveis que interferem no desempenho inovativo das empresas e dos projetos inovadores (Figura 3). A ideia foi estabelecer, a partir da literatura científica na área da inovação, quais elementos podem ser importantes para o processo de criar inovações e passar a considerar estes elementos em 3 dimensões (condições de estímulo à inovação, diferentes capitais e práticas inovativas nos projetos e negócios beneficiados pelos editais). Esta ação permite entender quais elementos são de fato importantes no caso dos editais da FUNCAP e podem ajudar a decidir por projetos e negócios que os possuam, permitindo taxas maiores de sucesso da inovação proposta e financiada.

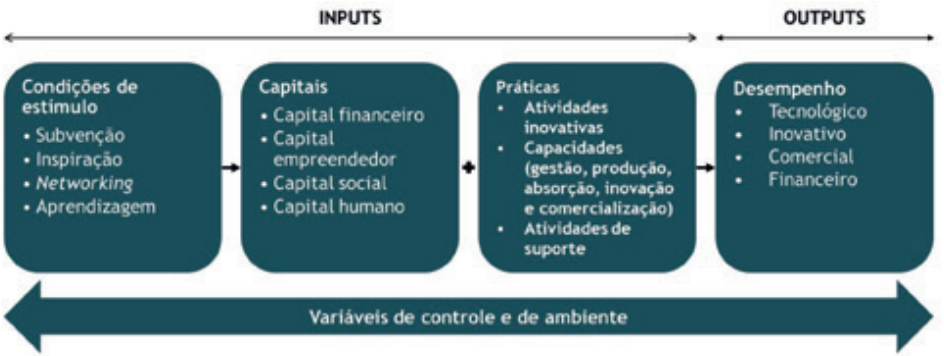


Figura 3: Framework Analítico para avaliação das PEI do Governo do Estado de Ceará. Fonte: elaborado pelos autores.

Além da formação do banco de dados, criou-se um processo na FUNCAP (editais) e na SEDET (PCEI) que se estabelece no ciclo de vida dos projetos de inovação destes programas. A Figura 4 mostra esta abordagem no ciclo dos projetos na FUNCAP.

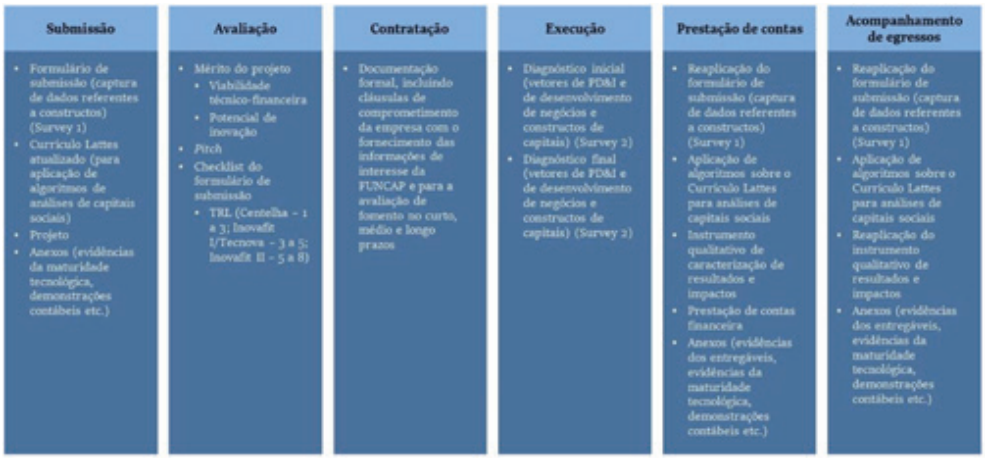


Figura 4: Processos de avaliação no ciclo dos projetos da FUNCAP. Fonte: elaborado pelos autores.

Esta adoção no ciclo dos projetos fez com que a escala Technology Readiness Level - TRL (ABNT, 2015; OLECHOWSKI et al., 2020) passasse a ser usada de forma mais importante e pudesse estabelecer uma lógica de maturidade tecnológica adequada aos projetos das PEIs, como se pode observar em como a FUNCAP organiza seus editais em função desta escala. A partir dos dados coletados iniciou-se o processo de modelagem para estabelecer relações entre desempenho tecnológico dos projetos beneficiados com os recursos dos editais da FUNCAP e de variáveis apontadas pela literatura (framework da Figura 3) com o intuito de construir o entendimento de quais variáveis de partida de uma proposta de projeto pode ser mais essencial no desempenho da evolução tecnológica dos projetos medida pela escala TRL. Vale ressaltar que o processo de coleta de dados teve dois mecanismos: i) questionários (survey); e ii) base do curriculum Lattes das equipes. Assim, tendo como base os dados levantados foram desenvolvidas equações que fossem capazes de apontar quais elementos da Figura 3 foram relevantes para que os projetos apoiados tivessem um bom desempenho.

Com os dados coletados dos projetos da FUNCAP foi possível entregar um dashboard de Business intelligence (BI) capaz de auxiliar as bancas de avaliação dos projetos que concorrem aos editais de inovação, tanto na submissão dos mesmos como de sua saída do ciclo de projetos beneficiados (Figura 5).



Figura 5: Dashboard de BI sobre os projetos de inovação submetidos à FUNCAP. Fonte: elaborado pelos autores.

Ainda com os dados coletados, foi possível estimar os primeiros modelos que podem ajudar a FUNCAP e suas bancas de forma adicional aos atuais critérios e processos na avaliação de riscos que o financiamento pode ter (MCGUIRK, LENIHAN, HART, 2015; TOWERY, MACHEK, THOMAS, 2017; AUDRETSCH e LINK, 2018; OLECHOWSKI et al., 2020). Este modelo inicial já se encontra com uma ordem de 60% de acerto em classificação por níveis diferentes de risco, o que poderá dar uma relevante informação para a tomada de decisão nas escolhas dos projetos a receberem os recursos públicos de subvenção econômica.

Outras Entregas

No processo de conexão e avaliação das políticas públicas de inovação do Governo do Estado Ceará, conduziu-se no âmbito do programa Cientista Chefe de Inovação a avaliação do Próprio Programa Cientista Chefe, como um todo. O referido trabalho se desenvolveu em conjunto com equipe da FUNCAP e com o Cientista Chefe de Ciência e Tecnologia. Foi possível aprimorar a vitrine tecnológica do Programa, instrumento que visa dar visibilidade aos resultados alcançados. O trabalho também foi capaz de organizar o conhecimento da rede de inovação do setor público criada nas diversas áreas de atuação, estabelecendo a lógica da interpretação dos resultados a partir do conceito de Orquestração em Redes de Inovação e de forma inédita na literatura de inovação associar este comportamento à inovação do setor público, o que rendeu uma relevante linha de pesquisa no Programa de Pós Graduação em Administração da UECE (PPGA/UECE) e a produção de artigos relevantes para que se entenda melhor o programa Cientistas Chefes e para que possa promover sua visibilidade e torna-lo fonte de inspiração para outras regiões e Governos.

Considerações Finais

Pode-se considerar que os objetivos traçados pelos projetos do Cientista Chefe de Inovação foram alcançados e que sua atuação se desenvolveu, por meio de suas entregas em um ambiente de inovações em camadas. Contribuiu com o aperfeiçoamento da aplicação dos editais de financiamento da inovação da FUNCAP, importante instrumento de política pública do Estado, presente desde 2008. Auxiliou sua avaliação na criação e redesenho de seus processos. Também atuou contribuindo para a criação e implantação do Programa Clusters Econômicos de Inovação (PCEI), uma nova e inovadora política pública de estímulo á inovação em todo o Estado do Ceará, promoveu a criação de mais de 100 startup em todo os Estado, algumas em plena atuação mercado e constrói um legado de comportamento empreendedor nas Universidades cearenses pela atuação de inúmeros pesquisadores no PCEI. Ao realizar estas ações promove de forma adicional e importante a formação de jovens pesquisadores no campo da administração e contribuiu para a consolidação da produção científica na área da gestão da inovação e se alinhou com as estratégias de Governo em seu Plano Plurianual e contribuiu com vários dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Referências bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 16290: Sistemas espaciais - definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. Disponível em: https://www.abnt.org.br/normalizacao/normas-publicadas. Acesso em: 09 de nov. de 2021.

AUDRETSCH, D. B.; LINK, A. N. Innovation capital. The Journal of Technology Transfer, n. 43, p. 1760–1767, 2018.

BOWERS, J.; KHORAKIAN, A. Integrating risk management in the innovation project. European Journal of Innovation Management, v. 17, n. 1, p. 25-40, 2014.

CORDER, S.; SALLES-FILHO, S. Aspectos Conceituais do Financiamento à Inovação. Revista Brasileira de Inovação, v. 5, n. 1, 2006.

FRANCO, C.; C MARA, S. F.; PARENTE, R. C. Networks, R&D projects and subsidiary behavior in a host country. Brazilian Administration Review, v. 14, n. 1, 2017.

GIMMON, Eli; LEVIE, Jonathan. Founder's human capital, external investment, and the survival of new high-technology ventures. Research Policy, v. 39, n. 9, p. 1214-1226, 2010.

MCGUIRK, H.; LENIHAN, H.; HART, M. Measuring the impact of innovative human capital on small firms' propensity to innovate. Research Policy, v. 44, n. 4, p. 965-976, 2015.

OLECHOWSKI, A. L. et al. Technology readiness levels: Shortcomings and improvement opportunities. Systems Engineering, v. 23, n. 4, p. 395-408, 2020.

TOWERY, N. D.; MACHEK, E.; THOMAS, A. Technology Readiness Level Guidebook. United States. Federal Highway Administration, 2017.

Cientista Chefe Meio Ambiente: Ciência e Inovação em Políticas Públicas

Luis Ernesto Arruda Bezerra

Colaboradores
Eduardo Lacerda Barros
Renan Gonçalves Pinheiro Guerra
Tarin Frota Cristino Mont'Alverne
Jader de Oliveira Santos
Hugo Fernandes-Ferreira
Daniel Cassiano Lima
Imeuda Peixoto Furtado
Marcelo de Oliveira Soares

RESUMO

As políticas públicas ambientais são relevantes em inúmeros setores da economia do Ceará como instrumentos para o desenvolvimento socioeconômico e que visem tornar o estado pioneiro no desenvolvimento sustentável de seus distintos biomas como o marinho, a zona costeira, a Caatinga e serras úmidas. Nesse sentido, em conjunto com a Secretaria de Meio Ambiente e a Superintendência Estadual do Meio Ambiente, foram definidos os projetos de pesquisa e inovação prioritários que deveriam ser desenvolvidos pela equipe do Cientista Chefe Meio Ambiente, quais sejam: 1. Sistema de Informações Geográficas (SIG) Ambiental do Ceará; 2. Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da Fauna da Flora; 3. Planejamento Costeiro e Marinho do Ceará; 4. Planejamento, Criação e Implementação de Unidades de Conservação no Ceará; 5. Estratégias de Resiliência à Mudança do Clima no Estado do Ceará; 6. Ampliando o conhecimento da fauna a partir das coleções do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha; e 7. Borboletário do Cariri: Centro de Pesquisa e Educação Ambiental. Os sete projetos contam com 82 bolsistas, que trabalharam na entrega de cerca de 28 produtos para a sociedade cearense, onde pode-se citar: estudos técnicos-científicos de criação das Áreas de Proteção Ambiental Berçários da Vida Marinha e da Lagoa da Precabura; Inventário da Fauna e da Flora do Ceará; Lista Vermelha dos Mamíferos, Anfíbios, Répteis, Aves e Tartarugas Marinhas; Observatório Costeiro e Marinho do Ceará; Manual de Padronização de Dados e Metadados Ambientais; Plataforma Estadual de Dados Espaciais Ambientais; Atlas Digital Costeiro e Marinho; Minuta da Política Estadual de Conservação e Uso Sustentável dos Recursos do Mar; e Relatórios de Acompanhamento sobre o derrame de óleo no litoral do Ceará. Todos os produtos se configuram em políticas públicas efetivas, ou subsídios a estas, que visam proteger e fazer uso sustentável dos recursos naturais do estado.

Introdução

Este projeto, intitulado "Cientista Chefe Meio Ambiente: Ciência e Inovação em Políticas Públicas", coordenado pelos Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra (Janeiro/2022-Atual) e Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares (Julho/2020 - Dezembro/2021) tem como objetivo geral "Definir problemas e demandas científicas e tecnológicas da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA) e Superintendência de Meio Ambiente (SEMACE) e formular um roadmap para a pesquisa e o desenvolvimento".

Destaca-se, como pontos fortes do projeto, o elevado número de inserções na mídia e divulgação científica; o elevado número de artigos em revistas internacionais de alta qualidade; e a interação entre a academia e o ente público, a qual tem gerado inúmeros produtos que se convertem em políticas públicas ambientais efetivas para a sociedade cearense, e os pontos fracos a mencionar são a necessidade de uma maior integração com as equipes da SEMA. Como dificuldades para o desenvolvimento do projeto observa-se a necessidade de uma melhor adaptação das secretarias em função da aprovação da Lei Nº 17.378, 4 de janeiro de 2021 "Programa Cientista Chefe: Projeto Ciência e Inovação em Políticas Públicas" como uma política pública estadual. Falta ainda uma estruturação administrativa dentro das secretarias que permitam uma maior autonomia por parte dos projetos desenvolvidos pelo Programa Cientista Chefe.
A seguir, são apresentadas algumas das atividades realizadas, as entregas feitas e suas respectivas evidências para a sociedade de cada um dos 7 subprojetos que são desenvolvidos pelo Programa Cientista Chefe Meio Ambiente.

Subprojeto: Lista Vermelha da Fauna e da Flora do Estado do Ceará

O subprojeto produziu o inventário da flora terrestre e Aquática do Estado do Ceará, a qual conta com 2.465 espécies vegetais catalogadas presentes no Estado do Ceará. A lista se encontra disponível para consulta no site da Secretaria de Meio Ambiente (https://www.sema.ce.gov.br/flora-do-ceara/ - acesso em: 28 de outubro de 2022). Na mesma linha, foi também realizado o inventário dos invertebrados e vertebrados do Estado, os quais contam com a catalogação de 2.593 espécies e 1.275 espécies, respectivamente. Ambas as listas estão disponíveis no site da SEMA (https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/ - acesso em: 28 de outubro de 2022). Todas as listas contam com fotografias das espécies mais representativas, nomes populares e um histórico sobre os estudos de Fauna e Flora realizados no Ceará.
Após a realização dos inventários, foram produzidas as Listas Vermelhas da Fauna de Vertebrados do Estado do Ceará. A primeira lista produzida, de Mamíferos Continentais, foi apresentada em um evento público e trouxe a categorização de 128 espécies, distribuídas nas categorias Extinta, Extinta na Natureza, Provavelmente Extinta-Criticamente em Perigo, Em Perigo, Vulnerável, Quase Ameaçadas, Dados Insuficientes, Menos Preocupante, e Não-Avaliada. A lista das espécies encontra-se disponível no site da SEMA (https://www.sema.ce.gov.br/lista-vermelha-de-especies-ameacadas-da-fauna-do-ceara/lista-vermelha-mamiferos-terrestres/ - acesso em: 29 de outubro de 2022).
Da mesma forma, foram produzidas Listas Vermelhas dos Anfíbios, a qual avaliou 52 espécies; de Répteis, com 11 espécies avaliadas; e de Aves, com 462 espécies avaliadas. Essas 3 listas foram lançadas em um evento público (Figura 1A) e se encontram

disponíveis no site da SEMA: www.sema.ce.gov.br/lista-vermelha-de-especies-ameacadas-da-fauna-do-ceara/ - acesso em: 30 de outubro de 2022.

Por fim, foi lançada em evento público a Lista Vermelha das Tartarugas e Mamíferos Marinhos, a qual também se encontra disponível no site da SEMA. A produção e divulgação das Listas contou com ampla cobertura da imprensa local e nacional (Figura 1B).



Figura 1: Listas Vermelhas das espécies do Ceará. A. Convite para solenidade de lançamento da Lista Vermelha de Aves do Ceará. B. Capa do Jornal Diário do Nordeste com destaque para a Lista Vermelha de Mamíferos Terrestres do Ceará. Fonte: Diário do Nordeste, foto por Liana Sena, jornalista Lucas Falconery.

Subprojeto: Sistema de Informações Geográficas (SIG) Ambiental do Ceará

O Subprojeto consiste em integrar a base de dados espaciais ambientais garantindo a padronização e interoperabilidade entre sistemas de informações espaciais já estruturados nos órgãos ambientais do Estado do Ceará e repercutindo na celeridade da resposta de ações ambientais, segurança jurídica, atualização e transparência de dados. Nesse sentido, a equipe do subprojeto tem produzido uma série de produtos, dentre os quais, pode-se citar: Manual de Padronização de Dados Espaciais e Metadados; Repositório institucional das bases de dados ambientais - GreenCloud; Gerenciador de banco de dados espaciais ambientais em linguagem SQL do PostgreSQL/PostGIS, no ambiente local da SEMA; Servidor de Web Map Service (WMS) - Geoserver, portal de visualização, entre outros.

Estes produtos integram o suporte funcional da Plataforma Estadual de Dados Espaciais Ambientais (PEDEA), a qual consiste em uma plataforma inédita, online e atualizada com 284 informações espaciais ambientais sobre o Estado do Ceará. A Plataforma permite a visualização de dados ambientais e sua democratização de acesso para usuários e fornecedores de todos os níveis de governo, do setor produtivo, do setor não lucrativo, do mundo acadêmico e do público em geral. Ainda, a PEDEA será um instrumento importante para a realização do Planejamento Espacial Marinho (PEM) do Ceará. A PEDEA pode ser acessada a partir do link: https://pedea.sema.ce.gov.br/portal/.

Subprojeto: Planejamento Costeiro e Marinho do Ceará

Como parte das ações desse subprojeto, o então governador Camilo Santana apresentou, no dia 10 de dezembro de 2021, o Atlas Digital Costeiro e Marinho do Ceará em almoço na Federação das Indústrias do Ceará (FIEC). O Atlas Digital Costeiro e Marinho está hospedado na Plataforma Estadual de Dados Espaciais Ambientais (PEDEA) e as informações contidas nele darão suporte às atividades como pesca, aquicultura, mineração, turismo, energias renováveis, hidrogênio verde, dentre outras, além de apresentar características químicas, físicas e biológicas do mar.



Figura 2: Governador Camilo Santana e Presidente da FIEC Ricardo Cavalcante em lançamento do Atlas Digital Costeiro e Marinho do Ceará. Fonte: FIEC.

A plataforma online e constantemente atualizada poderá ser utilizada por diferentes usuários, desde gestores municipais, estaduais e federais, alunos de escolas e Universidades, além de empreendedores. A base cartográfica disponibilizada deverá suprir importante insumo para construção do Planejamento Espacial Marinho (PEM) do Ceará.

O PEM a ser elaborado em âmbito nacional pela Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM) se trata de um dos programas da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI). Esta comissão foi criada em 1960 e é atualmente secretariada pela Unesco. A participação do Programa Cientista Chefe Meio Ambiente na 2ª Conferência dos Oceanos das Nações Unidas, realizada em Lisboa, permitiu a troca de experiências entre diferentes temáticas relacionadas ao PEM e demais tema correlatos à Zona Costeira e ao Ambiente Marinho.

A partir disso, o Estado do Ceará foi convidado a participar de reunião presencial na sede da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), onde foi apresentada a PEDEA (Figura 2). Como resultado dos esforços que vem sendo desprendidos em relação ao tema tratado na reunião, o Governo do Estado do Ceará foi convidado oficialmente para participar do Comitê Executivo do PEM Nacional, sendo o único Estado brasileiro com essa posição.

A equipe do subprojeto produziu ainda a Minuta da Política Estadual de Conservação e o Uso Sustentável dos Recursos do Mar (PERM) ("Lei Estadual do Mar"), a qual será um instrumento estadual de proteção dos ecossistemas marinhos e desenvolvimento sustentável do Estado do Ceará além de dar outras providências a atividades sociais e econômicas. A mesma já foi aprovada nas comissões da Assembleia Legislativa do Estado do Ceará e aguarda ser pautada para aprovação em plenário. No mesmo sentido, a equipe produziu ainda a minuta do Decreto das ações de contingência para incidentes e/ou situações de risco de impactos ambientais na zona costeira e/ou marinha do Ceará, que que dispõe sobre as Ações de Contingência para Incidentes e/ou Situações de Risco de Impactos Ambientais na Zona Costeira e/ou Marinha do Ceará. A minuta se encontra em análise da PGE.

Por fim, o subprojeto articulou a criação do Observatório Costeiro e Marinho do Ceará, sendo este o 7º observatório costeiro e marinho do Brasil e o primeiro do Nordeste. O Observatório tem como missão atuar nas políticas públicas e resolução de conflitos da zona costeira. Nesse sentido, o observatório já realizou reuniões referentes ao derrame de óleo ocorrido na costa do Ceará no início de 2022 e sobre a ocorrência do Peixe Leão, uma espécie invasora que foi detectada em águas cearenses em março de 2022.

Subprojeto: Planejamento, Criação e Implementação de Unidades de Conservação no Ceará: Subsídios Científicos para Políticas Públicas Ambientais

Como parte das atividades do subprojeto, foram realizados os estudos técnicos para a criação da APA da Lagoa da Precabura, a qual teve o decreto de criação (Decreto 34.939/2022) assinado pela Governadora Izolda Cela, em solenidade pública (Figura 3). O subprojeto também tem realizado os estudos técnicos e de viabilidade que estão em andamento, além da realização do Seminário de Apresentação para implementação, do Zoneamento Ecológico Econômico do Maciço de Baturité e para a criação do Parque Estadual do Pico Alto, no Maciço de Baturité. Do mesmo modo, oficinas e audiências públicas têm sido realizadas pela equipe do subprojeto para a elaboração dos Planos de Manejo da APA do Rio Pacoti, APA do Lagamar do Cauípe e APA do Cânion Cearense do Rio Poti.



Figura 3: Governadora Izolda Cela em solenidade pública para assinatura do decreto de Criação da APA da Lagoa da Precabura. Produto do Programa Cientista Chefe Meio Ambiente. Fonte: Eduardo Lacerda.

Subprojeto: Estratégias de Resiliência à Mudança do Clima do Estado do Ceará: Inovação às Políticas Públicas Estaduais de Adaptação e Mitigação dos Impactos Climáticos

O subprojeto tem como objetivo contribuir para a inovação e a promoção de políticas públicas de mudanças climáticas no Estado do Ceará. Com base em estudo comparado de práticas e instrumentos internacionais, regionais e nacionais relacionados à emergência climática, propõe-se entregar um Plano Estadual de Mudanças Climáticas, sendo este imprescindível para o início do processo de descarbonização do Estado, contemplando sobretudo ações específicas de adaptação e de mitigação
Embora seja o subprojeto mais recente do programa, o mesmo já contribuiu com a elaboração do Decreto 35.004/2022 que institui o "Plano Estadual de Implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e dos Princípios do Pacto Global das Nações Unidas no Estado do Ceará", com a minutas do decreto que dispõe sobre a "Promoção da Cultura Oceânica como Política Pública Estadual"; com o projeto de lei que dispõem sobre a implementação da "Política Estadual Sobre Serviços Ambientais do Ceará"; com o "Roadmap do Mercado de Carbono no Ceará", com o "Plano Estadual para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (ABC+ CE, 2020-2030)" e com a elaboração da Lei N°18.298, de 27 de dezembro de 2022 - Cria a Política Estadual de Conservação e o Uso Sustentável dos Recursos do Mar – PERM, como Instrumento de Proteção dos Ecossistemas Marinhos e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Ceará.

Subprojeto: Borboletário do Cariri: Centro de Pesquisa e Educação Ambiental

O Programa Cientista Chefe Meio Ambiente apoia, com a concessão de duas bolsas, as atividades realizadas pelo borboletário do Cariri, as quais consistem na realização de coletas de borboletas e experimentos para reprodução em laboratório das mesmas. Ao todo, foram coletados 28 indivíduos de 3 espécies. Os indivíduos produziram em laboratório cerca de 120 ovos, os quais foram mantidos até a eclosão e posterior fases de lagarta, pupa e adulto. Experimentos sobre alimentação das lagartas e de manutenção em laboratório foram realizados. Os bolsistas realizam ainda o atendimento ao público no interior do borboletário, com visitas guiadas. Informações sobre as espécies criadas no borboletário são apresentadas aos visitantes. Informações biológicas e ecológicas mais detalhadas são fornecidas para turmas de alunos como conteúdo curricular. O turismo ecológico também tem sido contemplado pelo borboletário. Finalmente, os bolsistas atuam no treinamento de estudantes para recepção aos visitantes do Borboletário, bem como do Mirante do Caldas.

Subprojeto: Ampliando o Conhecimento da Fauna a partir das Coleções do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha

Além do borboletário do Cariri, o Programa apoia também, com a contratação de três bolsistas, as atividades realizadas pelo Museu de História Natural do Ceará (MHNCE). Os bolsistas têm atuado na ampliação do acervo, o qual passou de cerca de 3.440 exemplares, quando do início do projeto, para 6.898 espécimes tombados, o que equivale à um crescimento total de 99,71% do acervo. Além disso, os bolsistas têm montado o banco de tecidos do MHNCE, o qual conta com 530 tecidos, abrangendo os

seguintes grupos: Aves (n = 154), Mamíferos (n = 259), Anfíbios (n=38) e répteis (n=79). O Museu recebe, ainda, visitas de estudantes de escolas de segundo grau da região e de estudantes dos cursos de Ciências e Biológicas da UECE e UNILAB, além de promover eventos como cursos de identificação de animais peçonhentos para agentes de endemias e profissionais de saúde, semanas temáticas (Semana do Meio Ambiente) e manutenção do acervo do Museu do Ceará, como por exemplo a higienização do Bode Ioiô em comemoração aos 100 anos da eleição do Bode Ioiô, como parte de uma exposição itinerante.

Objetivos do projeto

O objetivo geral do CC Meio Ambiente é a atração de pesquisadores com reconhecimento nacional e internacional em uma área prioritária para o Estado do Ceará (área de políticas ambientais), visando, em conjunto com as respectivas Secretarias e Órgãos do Governo, identificar de forma sistemática os principais problemas e demandas de problemas ambientais e, sobretudo, apontar metodologias de estudos e uma apresentação clara de possíveis soluções de curto, médio e longo prazo. Mais especificamente, os objetivos do programa CC Meio Ambiente foram: Definir problemas e demandas científicas e tecnológicas da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), Superintendência de Meio Ambiente (SEMACE) e formular um roadmap para a pesquisa e desenvolvimento; Ouvir a comunidade científica, setores públicos, setores produtivos e sociedade civil, por meio de workshops com vistas a definir estratégias específicas para desenvolver os projetos oriundos do roadmap da SEMA e SEMACE; Criação de equipes a serem lideradas pelo Cientista Chefe meio ambiente em 7 projetos específicos; Articular a apresentação de projetos de pesquisa e de inovação à FUNCAP, de modo a aproximar as necessidades do Estado daquilo que está sendo pensado pela academia e por empresas inovadoras nas áreas estratégicas selecionadas de meio ambiente; Desenvolver projetos ambientais que tenham como produtos, soluções claras para problemas prioritários para o Estado do Ceará, considerando curto, médio e longo prazos; e definir e implementar projetos estratégicos prioritários de impacto e resposta rápida para ser iniciado em curto prazo. Ressalta-se também o papel do CC Meio Ambiente na produção do conhecimento científico, divulgação científica e apoio as políticas públicas

Outras Contribuições do Projeto Desdobramentos

Um dos diferenciais do Programa Cientista Chefe Meio Ambiente é o seu esforço de comunicação desenvolvido pelas redes sociais do programa, onde são publicizadas as principais atividades e lançamentos em conjunto com a Assessoria de Comunicação da SEMA. A divulgação científica também se materializou a partir da concepção de estratégia de comunicação junto aos demais subprojetos, culminando na utilização de plataformas das redes sociais e página específica no sítio eletrônico da Sema (www.sema.ce.gov.br/programa-Cientista Chefe/). Em proposta de alcance massivo de público optou-se também pela utilização de redes sociais como o Instagram (que conta atualmente com mais de 1900 seguidores: (www.instagram.com/cientistachefemeioambiente/) e linktree (www.linktr.ee/cientistachefesema).

A forte atuação do Programa Cientista Chefe Meio Ambiente, particularmente do projeto Planejamento Costeiro e Marinho, junto aos municípios costeiros tem criado uma interação entre esses entes municipais e a equipe do projeto, de modo que ela é consultada sobre diversos aspectos referentes a zona costeira e marinha do Estado. Um exemplo recente foi o pedido de consultoria feito pela prefeitura municipal de Jijoca de Jericoacoara sobre um "bloom" de macroalgas marinhas que acometeu a região e afetou o turismo na área. A equipe do Programa Cientista Chefe respondeu prontamente a demanda, enviando uma equipe ao local para a realização de análises, em parceria com pesquisadores do Instituto de Ciências do Mar.

Outra ação importante do Programa Cientista Chefe foi a recente demanda por estudos sobre a ocorrência do Peixe-Leão no litoral do Ceará. O Peixe-Leão é uma espécie invasora, originária do Indo-Pacífico, que invadiu o Caribe ao longo dos anos 1990 e 2000. Em março de 2022 foi detectada em águas cearenses. Desde então, a equipe do Programa Cientista Chefe Meio Ambiente vem tomando uma série de ações, que inclui a realização de reuniões com pesquisadores e gestores públicos, participação em audiências públicas nas câmaras de vereadores dos municípios, além de consultorias para gestores e comunidades costeiras sobre os perigos desse animal e como lidar com ele.

Da mesma forma, a equipe do Programa Cientista Chefe subsidiou a Secretaria de Saúde do Estado com informações sobre esse peixe e no auxílio à preparação de uma cartilha educativa. Outra ação recente do Programa Cientista Chefe Meio Ambiente diz respeito ao monitoramento das manchas de óleo que voltaram a aparecer no Estado em 2022. A equipe do Programa tem atuado junto aos municípios com informes semanais e na coleta de informações para monitoramento da ocorrência das manchas de óleo para a tomada de decisão sobre como lidar com o problema.

Parcerias Institucionais

A equipe vem interagindo com diversas instituições governamentais, do setor produtivo e sociedade civil, que estão ligadas aos diversos produtos entregues e em desenvolvimento pelo Programa. Nos diversos eixos que permeiam os seus subprojetos, o Programa Cientista Chefe Meio Ambiente tem interagido com setoriais dos Governos Estadual (SEMA, SEMACE, Casa Civil, SESA, SEPLAG-IPECE), Federal (SPU, Secretaria do Patrimônio da União, Capitania dos Portos, SECIRM, Marinha do Brasil, IBAMA), Municipal (23 municípios do litoral cearense), universidades (por exemplo, UFC, UECE, URCA, UVA, IFCE e UFOP); além do setor privado (FIEC e Câmara Setorial da Economia do Mar), além da sociedade civil organizada (AQUASIS, Pro Silvestre, Verde Luz).

Em iniciativas regionais, tem contribuído com a difusão do conhecimento e inovação do Programa junto a outros Estados do Nordeste, a partir da atuação no Consórcio Nordeste. Além de promover avanços em parcerias que envolvem P&D nos temas de Literacia Oceânica, Poluição Marinha e Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), por exemplo, através de parcerias com a cátedra UNESCO e Blue Keepers. Em apreço a inovação no emprego de geotecnologias para suporte às ações ambientais tem colaborado junto a SECITECE para aquisição de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), pelo Programa de Modernização Tecnológica do Ceará (PROMOTEC); além de empregar estratégias para capacitação das equipes técnicas no manuseio e processamento de dados.

Captação de projetos

Os pesquisadores líderes do projeto captaram recursos adicionais de projetos como o Programa Ecológico de Longa Duração (PELD) Costa Semiárida do Brasil (CNPq/FUNCAP; R$ 600.000), Projeto I-Plastics (JPI Oceans/FUNCAP; R$ 120.000) e CAPES-Alexander Von Humboldt (R$ 200.000). Dentre esses, ressalta-se o PELD que é o único programa PELD do Estado do Ceará.

Políticas Públicas

- Lei N°18.298, de 27 de dezembro de 2022 - Cria a Política Estadual de Conservação e o Uso Sustentável dos Recursos do Mar – PERM, como Instrumento de Proteção Dos Ecossistemas Marinhos E Desenvolvimento Sustentável do Estado do Ceará;
- Decreto Nº 34.939/2022 - Dispõe sobre a criação da unidade de conservação estadual do grupo de uso sustentável denominada Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa da Precabura nos municípios de Fortaleza e Eusébio e dá outras providências;
- Decreto Nº 34.565/2022 - Dispõe sobre a criação da unidade de conservação estadual do grupo de uso sustentável denominada área de proteção ambiental berçários da vida marinha, no município de Icapuí e dá outras providências;
- Decreto 35.040/2022 - Dispõe sobre a criação da unidade de conservação estadual do grupo de proteção integral denominada Parque Estadual do Pico Alto no município de Guaramiranga e dá outras providências;
- Decreto 34.283/2021 - Formaliza o compromisso de adesão do estado do Ceará às campanhas "Race to Zero" e "Under2 Coalition", no âmbito da convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima, e dá outras providências;
- Minuta de Decreto que dispõe sobre a "Promoção da Cultura Oceânica como Política Pública Estadual", na forma que indica;
- Minuta do Decreto de Ações de Contingência para incidentes e/ou situações de risco de impacto ambiental na zona costeira e/ou marinha do Ceará;
- Minuta Política Estadual do Gerenciamento Costeiro - Dispõe sobre a Política Estadual do Gerenciamento Costeiro – PEGC, revogando as leis no 13.796 de 30 de junho de 2006, lei no 16.810, 08 de janeiro de 2019 e os parágrafos 1°, 2o, 3o e 5o da lei no 16.064 de 25 de julho de 2016, aprova o Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Ceará – ZEEC, e dá outras providências;
- Minuta do Projeto de Lei que implementa a Política Estadual Sobre Serviços Ambientais do Ceará;
- Plano Estadual para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (ABC+ CE, 2020-2030);
- RoadMap sobre o Mercado de Carbono no Estado do Ceará;
- Portaria SEMA n. 93 de 1 de julho de 2022 - Reconhece e Apresenta a Lista Vermelha dos Mamíferos Continentais Ameaçados de Extinção do Ceará;
- Portaria SEMA n. 145 de 23 de setembro de 2022 - Dispõe Sobre a Lista Vermelha das Aves Ameaçadas de Extinção do Ceará;
- Portaria SEMA n. 146 de 27 de setembro de 2022 - Dispõe Sobre a Lista Vermelha dos Anfíbios e Répteis Ameaçados de Extinção do Ceará;
- Portaria SEMA n. 191 de 19 de dezembro de 2022 - Dispõe Sobre a Lista Vermelha das Tartarugas e Mamíferos Marinhos Ameaçados de Extinção do Ceará.

Utilização das Tecnologias Desenvolvidas na Gestão Pública

No espírito de democratização do acesso a dados espaciais ambientais materializou-se a Plataforma Estadual de Dados Espaciais Ambientais (PEDEA), preconizada pela Lei Complementar nº 231/2021 que Institui o Sistema Estadual do Meio Ambiente - SIEMA.
A estruturação de uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) desse porte deve repercutir na celeridade das respostas de ações ambientais, segurança jurídica, atualização e transparência de dados de SEMA e SEMACE. Nesse contexto, o potencial de inovação da proposta assume relevância não apenas metodológica e conceitual, mas também prática, à medida em que contribui para estabelecer uma integração e padronização da produção cartográfica oriundas dos órgãos ambientais do Estado.

Considerações Finais

O projeto foi bem-sucedido nesses últimos 2 anos como demonstram os indicadores qualitativos e quantitativos de produção científica (mais de 60 artigos científicos), produtos entregues à sociedade (mais de 30), políticas públicas (leis, decretos, minutas) e comunicação e popularização da ciência através de mídia tradicional e redes sociais. Como dificuldade pode ser mencionada a infraestrutura (computadores, mesas, salas etc) na secretaria estadual para recebimento dos bolsistas e pesquisadores. Essa foi contornada com trabalho remoto e principalmente usando a infraestrutura de universidades como a UFC.

Foi sugerido pela equipe a futura criação de uma "coordenadoria de ciência e tecnologia ambiental" dentro da SEMA/SEMACE que poderia conter administrativamente (não necessariamente fisicamente no local de trabalho) o Programa Cientista Chefe Meio Ambiente e os bolsistas. Tal ação não teria custo para o estado e auxiliaria na interação do programa com as demais coordenadorias dentro da secretaria. Entretanto, essas dificuldades foram contornadas e o programa foi exitoso sendo um dos mais conhecidos pela sociedade e com elevada produtividade e ótimo custo-benefício.

O êxito deve-se também ao envolvimento do Secretário de Meio Ambiente, Artur Bruno. Deve-se salientar o papel preponderante e de alta qualidade exercido por esse secretário que sempre concedeu autonomia e confiança na equipe. Seu excelente poder de articulação, suporte e crença na ciência permitiu que o programa fosse bem articulado com ONGs, empresas, órgãos municipais, estaduais e federais, bem como com praticamente todas as universidades do Estado do Ceará. Os lançamentos dos produtos do Programa Cientista Chefe Meio Ambiente sempre tiveram atenção na mídia local e nacional, o que auxiliou também nos processos de educação ambiental e apoio às políticas de desenvolvimento sustentável no Estado. Nesse contexto, o Programa Cientista Chefe Meio Ambiente atuando junto com a SEMA tem contribuído para tornar o Ceará um estudo inovador, avançado e modelo em políticas ambientais e marinhas.

Plataforma Cidadã do Governo do Ceará

José Antonio Fernandes de Macedo

Colaboradores
Ticiana Linhares Coelho da Silva
Davi Romero de Vasconcelos.

RESUMO

A agenda 2030 das Nações Unidas define 17 objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) para orientar governos, sociedade civil, setor privado e outras partes interessadas em seus esforços para erradicar a pobreza e promover um mundo melhor para todos. Dentre esses objetivos, esta agenda ressalta a disseminação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e a interconexão global como tendo grande potencial para acelerar o progresso humano, reduzir a brecha digital e desenvolver sociedades do conhecimento. Os governos de todo o mundo, estão cientes do poder das TICs e do governo digital para o avanço e a transformação de instituições públicas, e o cenário do setor público de maneira mais ampla, e suas capacidades de prestação de serviços. O governo digital pode desempenhar um papel na criação de instituições mais eficazes, acessíveis e equitativas. Diante deste cenário, este projeto tem realizado pesquisas cientificas e tecnológicas para acelerar a Transformação Digital do Estado do Governo do Ceará. Para atingir este objetivo, este projeto foi ancorado em dois subprojetos intitulados: "Governo Digital do Estado do Ceará" e "Plataforma Big Data para Acelerar a Transformação Digital do Estado do Ceará" (em resumo, chamado de Big Data Ceará). Esses projetos estão correlacionados e visam o desenvolvimento de serviços digitais de forma ágil, transparente, eficiente, sustentável e alinhada com os princípios do serviço público que atenda às necessidades dos cidadãos e dos servidores públicos. Este projeto vem ajudado a melhorar a qualidade dos serviços públicos prestados à sociedade cearense, principalmente através do Ceará App, o qual permitiu a criação de um canal único de comunicação digital entre o cidadão e o governo. Além disso, as soluções tecnológicas desenvolvidas sob o modelo de plataforma de dados, Plataforma Mais Infância e Plataforma Big Data Social, permitem analisar o impacto e reprojetar as políticas públicas de assistência social do Governo do Ceará. Não menos importante, a pesquisa científica e a formação de pesquisadores são resultados relevantes, impulsionadores da inovação no Estado do Ceará.

Introdução

Este projeto, intitulado "Plataforma Cidadã do Governo do Ceará", coordenado pelo Cientista Chefe de Dados da Transformação Digital do Governo do Ceará, tem realizado pesquisas científicas e tecnológicas para acelerar a Transformação Digital do Estado do Governo do Ceará. Para atingir este objetivo, o projeto foi ancorado em dois subprojetos intitulados: "Governo Digital do Estado do Ceará" e "Plataforma Big Data para Acelerar a Transformação Digital do Estado do Ceará" (em resumo, chamado de Big Data Ceará). Esses projetos estão correlacionados e visam o desenvolvimento de serviços digitais de forma ágil, transparente, eficiente, sustentável e alinhada com os princípios do serviço público que atenda às necessidades dos cidadãos e dos servidores públicos.

Através das pesquisas científicas e desenvolvimentos tecnológicos, pudemos atingir importantes resultados, alguns materializados em soluções tecnológicas completamente funcionais, metodologias de inovação e oficinas de alfabetização em dados, as quais atenderam diversas secretarias do Governo do Ceará, tais como: Saúde, Assistência Social, Planejamento, Educação, etc. Destacam-se como pontos fortes do projeto a criação da Plataforma Big Data Social, a qual está permitindo a análise de dados de famílias vulneráveis do Ceará e a melhoria da política pública denominada Cartão Mais Infância. Além disso, este projeto permitiu fomentar a pesquisa e ajudar na formação de 166 pesquisadores, envolvendo professores, doutorandos, mestrandos e graduandos de vários campi da UFC.

O quadro a seguir resume as principais entregas realizadas e suas respectivas evidências.

Entregas	**Evidências das entregas**
Plataforma Big Data Social	https://bigdatasocial.irislab.ce.gov.br/
Ceará App	https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.ce.cearaapp https://apps.apple.com/br/app/cear%C3%A1-app/id1511705379
Acesso Cidadão	https://acesso.cearadigital.ce.gov.br/login/
Plantão CoronaVírus	https://coronavirus.ceara.gov.br/
Plataforma Mais Infância	https://spssocial.sps.ce.gov.br/programa-mais-infancia
Íris Workflow	http://10.10.70.20/procv6/ (Versão 1) http://10.10.70.20:8091/ (Versão 2)
Íris Certidão	https://certidao.irislab.ce.gov.br/
Rede neural Rede neural do Rastreador de Sintomas da COVID	https://drive.google.com/drive/folders/1hiwRRpDks9BAsYgAl8SITQytyHHdbsf_?usp=sharing

O objetivo geral deste projeto é desenvolver pesquisas científicas e tecnológicas que permitam a aceleração da transformação digital do Governo do Ceará, tornando-o mais ágil, transparente, eficiente, sustentável e alinhado com os princípios do serviço público que atenda às necessidades dos cidadãos. Para atingir este fim, este projeto está associado a dois subprojetos estruturantes de inovação tecnológica relacionados com a Transformação Digital do Estado, intitulados "Governo Digital do Estado do Ceará" e "Big Data Ceará". Esses projetos se articulam para criar soluções tecnológicas para acelerar a transformação digital e criar plataformas de dados que consigam implantar a gestão baseada em evidências. Outro objetivo é a produção científica de qualidade e a formação de pesquisadores nas universidades, visando a geração de conhecimento e inovação no Estado do Ceará.

Principais resultados

Apresentamos a seguir os principais resultados obtidos através da execução dos projetos mencionados anteriormente. No entanto, podemos realçar duas soluções de alto impacto, o Ceará App, o qual permitiu a criação de um canal único de comunicação com os cearenses, e, a Plataforma Big Data Social, plataforma de dados que vem permitindo a melhoria das políticas públicas de assistência social do Governo do Ceará.

Ceará App. O Ceará App é um aplicativo para oferta de serviços públicos e um canal digital integrado para a disponibilização de informações, solicitação eletrônica e acompanhamento de serviços públicos ao cidadão. O aplicativo ainda agrega e disponibiliza as informações e serviços digitais do Governo do Ceará. Em Julho de 2022, o Ceará App alcançou 962.623 downloads, sendo 794.431 na Play Store da Google e 168.192 da Apple Store. Foram desenvolvidos e integrados serviços para diferentes secretarias, tais como: Secretaria da Fazenda, Secretaria de Saúde, Cagece, Detran, Secretaria do Desenvolvimento Agrário, Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Ceará, Controladoria Geral do Estado, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Secretaria do Desenvolvimento Econômico e do Trabalho, Corpo de Bombeiros, Secretaria de Educação, Procuradoria Geral do Estado, Centrais de Atendimento ao Cidadão (Vapt Vupt), Secretaria de Proteção Social, Justiça, Cidadania, Mulheres e Direitos humanos, Controladoria e Ouvidoria Geral do Estado do Ceará, Instituto de Saúde dos Servidores do Estado do Ceará, Laboratório de Inovação e Dados do Governo do Ceará, Secretaria do Planejamento e Gestão.

Big Data Social. Essa plataforma web agrega, armazena e processa vários bancos de dados governamentais com informações sobre famílias de baixa renda beneficiadas pelo Programa Mais Infância. O sistema auxilia a governança pública ao integrar vários conjuntos de dados sobre as famílias para construir indicadores e mostrar quais políticas sociais existentes as estão beneficiando. Essas famílias são de grande importância para os órgãos do Estado, pois vivem em condições extremamente precárias, principalmente na zona rural e necessariamente têm pelo menos um filho menor de seis anos. Para construir o banco de dados, além da utilização da base do Cadastro Único, o governo do estado do Ceará está proporcionando uma

pesquisa estadual com as 150.000 famílias do programa Mais Infância, coletando informações sobre insegurança alimentar, saúde, saúde infantil, moradia, renda e educação. O Big Data Social armazena um grande volume de dados , oferecendo uma visão refinada dos dados por meio de análises, mineração de dados e painéis visuais. Estes processos facilitam que os formuladores de políticas possam explorar e entender o grande volume de dados existentes sobre políticas e serviços voltados para famílias em situação de extrema vulnerabilidade social.

O Big Data Social oferece uma visão global das famílias por município e do estado do Ceará na totalidade. Já o IRIS CZRM, que é um módulo do Big Data Social chamado Integra Social, permite os gestores buscarem por um membro específico da família pelo NIS, CPF ou nome, e assim entender suas vulnerabilidades. A contribuição mais importante e exclusiva do Integra Social é fornecer automaticamente aos gestores informações sobre as vulnerabilidades específicas sinalizadas pelo sistema para uma família buscada. Por exemplo, o Integra Social pode mostrar que uma família indicou não ter a caderneta de vacinação de uma criança, e assim um agente de saúde irá procurar esta família e assisti-la no processo de vacinação da criança.

O Integra Social apresenta duas bases integradas, sendo elas a base do Cadastro Único e a base dos Agentes Mais Infância. Para a base do Cadastro Único, o Integra Social apresenta informações sobre os membros da família, domicílio, renda, educação e saúde para mais de 2 milhões de famílias ativas. Para a base dos Agentes Mais Infância, o Integra Social apresenta informações sobre os membros da família, domicílio, renda, educação, saúde e nutrição para mais de 60 mil famílias cearenses. O Integra Social só pode ser acessado por quem tem permissão dentro do Big Data Social devido a presença de informações pessoais e sensíveis.

Nesta mesma macro entrega do Big Data Social, a Plataforma Mais Infância é um sistema que fornece um painel para acompanhamento das ações do Programa Mais Infância visando a melhoria das ações deste programa e acompanhamento dos impactos realizados. A Plataforma está disponível à população e poderá monitorar as ações e os equipamentos implantados pelo Governo do Estado. Para a gestão do Mais Infância, essa ferramenta tecnológica traz a possibilidade de cadastro e posterior monitoramento de todas as ações do programa, nas onze secretarias parceiras em diversas iniciativas. São aproximadamente 30 indicadores analíticos que capturam as situações das famílias atendidas pelo Mais Infância, 18 indicadores de equipamentos e 19 formulários para acompanhamento das ações. É mais uma ferramenta de gestão para auxiliar na tomada de decisões baseadas em evidências.

Acesso Cidadão. É uma ferramenta que permite centralizar e acompanhar os acessos de servidores e cidadãos aos serviços digitais do Governo do Ceará. Este sistema permite que os servidores e cidadãos possuam apenas uma conta e senha para qualquer serviço ou sistema do Governo, desde que este esteja integrado ao Acesso Cidadão. Além de facilitar o acesso, este sistema permite armazenar os acessos realizados, auditá-los e analisá-los para melhorar a qualidade dos sistemas e serviços. Atualmente, o Acesso Cidadão conta com quase 3000 usuários cadastrados e 9 serviços integrados, incluindo Ceará App, Big Data Social e Plataforma Mais Infância.

Boletim Digital COVID-19 do Ceará. O objetivo do boletim é descrever os aspectos epidemiológicos e assistenciais relacionados aos casos de COVID-19, bem como fornecer suporte para a tomada de decisões baseada em dados diante do cenário do início da pandemia no estado do Ceará. Trata-se de uma solução desenvolvida por cientistas de dados onde é feito todo o processo de mineração do dado bruto até a exposição em painéis gráficos acompanhados de textos explicativos a respeito de cada análise. Esta entrega envolve muitas outras, tais como a construção de uma ferramenta de priorização de exames da COVID-19, o Plantão Coronavírus, que foi uma das soluções desenvolvidas e disponibilizadas para a população no Estado do Ceará. É um projeto da Secretaria da Saúde (Sesa) acelerado pelos membros deste projeto. Trata-se de uma plataforma com tecnologia de chatbot, em que o usuário mantém um bate-papo com um sistema de inteligência artificial. Outra entrega é o Rastreador de Sintomas da COVID-19 que é uma rede neural capaz de identificar automaticamente os sintomas frequentes e raros relatados nos diálogos do Plantão Coronavírus. Esta rede neural de identificação de sintomas foi premiada em 2020 na Medalha do Espírito Público, bem como impulsionou a criação do Pró-Vida Plantão Psicológico Online. Devido a possíveis mutações do vírus da COVID-19 e consequente aparecimento de novos sintomas, esse modelo proporcionou avanços para entender a doença. Por causa de sua capacidade de reconhecer novos padrões, identificou uma alta frequência de comportamentos psicológicos alterados, como ansiedade, angústia e tristeza, em usuários positivos ou não para COVID-19. A ferramenta evidenciou a necessidade de o Estado ampliar o atendimento através do canal para o cuidado com a saúde mental da população.

IRIS X Obras. Analítico de Obras Públicas demandado pelo governador à época para realizar acompanhamento em tempo real da execução das obras no Estado. Com este sistema é possível acompanhar o andamento das obras, os possíveis atrasos ocorridos, planejar as inaugurações das mesmas. Permite ainda criar, remover e editar obras, bem como realizar o georreferenciamento. O IRIS X Obras está integrado com a base de dados fornecida pela Superintendência de Obras Públicas (SOP - Ce) por meio de um webservice.

Íris Workflow é uma ferramenta que permite a análise dos processos da Secretaria da Fazenda do Ceará, identificando todas as etapas e fluxos de um processo, revelando quais unidades são mais (e menos) eficientes, detectando pontos de gargalo, número de retrabalho que ocorre a um processo, e sua evolução (desde 2015 até os dias atuais). A ferramenta também proporciona uma descoberta automática (mineração) dos processos existentes. Íris Workflow foi entregue inicialmente em uma versão de protótipo que foi evoluída com um novo redesign do sistema, integração com banco de dados e novas funcionalidades. O sistema apresenta vários Dashboards que irão facilitar as análises.

Íris Serviços - Criação de Esteira Padrão de Desenvolvimento de Serviços Digitais: este entregável refere-se ao desenvolvimento de serviços digitais presentes e priorizados na carta de serviços do cidadão do Governo do Estado do Ceará, visando seu desenvolvimento no âmbito do projeto. Refere-se também ao suporte às equipes de TI das diversas Secretarias do Estado para que possam desenvolver seus próprios

Serviços Digitais a serem integrados à Plataforma de Transformação Digital do Governo do Estado do Ceará. No contexto do setor público, a Linguagem Simples é um movimento social e uma técnica de comunicação para tornar as informações mais acessíveis, rápidas de serem encontradas, mais fáceis de serem entendidas, e usadas por todas as pessoas. Esta técnica prescreve o uso de processos linguísticos, como clareza e concisão, e a abordagem de Design para reforçar e complementar visualmente a mensagem textual. Adicionalmente, o Direito Visual é uma forma de facilitar a comunicação jurídica para que qualquer pessoa consiga entendê-la. Para isso, são usados recursos visuais (figuras, gráficos, infográficos, vídeos etc.) combinados com o texto escrito. Em governo, o objetivo é tornar o Direito descomplicado e acessível, abolindo o "juridiquês" e entregando uma comunicação mais empática. Neste entregável, apresentamos guias, recomendações e revisões em Linguagem Simples e Direito Visual de vários serviços de diversas secretarias e órgão do Estado do Ceará. Foram desenvolvidos: Biblioteca de Componentes Visuais para serem utilizados em projetos de desenvolvimento Web, seguindo o Design System do Estado do Ceará (Ceará Gov UI); Relatório Técnico Diretrizes para Priorização de Serviços Digitais; Guia de Design Digital para Sistema Digitais; Guia Íris de Simplificação: Linguagem Simples e Direito Visual; Simplificação e (re)design de instrumentos técnicos e jurídicos públicos: pelo direito de entender; Descomplica! LGPD para o Setor Público (e-book); Pílula de Direito Visual #1: Como a Psicologia das Cores pode te ajudar a criar um super projeto de Direito Visual; Pílula de Direito Visual #2: Como o uso de ícones pode facilitar a comunicação nos seus projetos de Direito Visual; Edital Ceará da Cidadania e da Diversidade em Linguagem Simples e Direito Visual; Edital Painéis Artísticos nas Escolas; dentre outros.

Íris Certidão é uma ferramenta que faz parte da Plataforma Low-Code e permite a emissão e a validação de documentos e certidões em um único canal. A ferramenta permite aos gestores ou responsáveis de cada órgão estruturar o modelo de certidão e/ou declaração que deseja automatizar a busca pelo cidadão. A plataforma permite três formas de integração de dados, que são: via base de dados (armazenada na própria plataforma), via API do órgão, ou via planilhas do Google.

Íris Compartilha é uma ferramenta que faz parte da Plataforma Low-Code e permite que grupos (secretarias de estado, órgãos públicos etc.) possam compartilhar informações entre os diversos grupos ou de forma pública. As informações podem ser compartilhadas de forma customizada para cada grupo, ou seja, permissão de acesso a dados específicos, perfil de acesso de leitura e/ou escrita. Exemplos de usos da plataforma sobre compartilhar informações de: de licenças entre órgãos; sobre locais de vacinação; dentre outros.

Íris Barramento de Integração e Interoperabilidade de Serviços Digitais desenvolveu uma estratégia para facilitar a integração entre os serviços digitais ofertados aos cidadãos, visando facilitar a criação de um portal digital de acesso único aos serviços. Propomos uma arquitetura tecnológica para o barramento de serviços utilizando uma solução de código aberto e comparamos com uma solução utilizada pelo governo da Estônia, denominado X-Road.

Íris Notifica é uma ferramenta que permite a estruturação e sistematização da comunicação entre os órgãos e notificações, permitindo uma institucionalização da cooperação e troca de informações entre os órgãos. O Íris Notifica foi desenvolvido para ser integrado ao Íris Barramento de Integração e Interoperabilidade.

Outras contribuições do projeto

Além dos resultados apresentados anteriormente, relatamos nesta seção outras contribuições relacionadas ao projeto em questão. Os desdobramentos deste projeto são enumerados a seguir:

Livro A Era dos Dados
Em Dezembro de 2021, o laboratório ÍRIS, o Programa Cientista Chefe e a AWS Institute e o Social Good Brasil publicaram o livro A Era dos Dados. Ele objetiva orientar a gestão pública sobre a competência da alfabetização em dados, nos atuais contextos tecnológico e humano, motivando-a a liderar, de forma estratégica, uma mudança de cultura no campo analítico. Essa publicação foi tema no evento AWS Brasil em Brasília e em São Paulo em 2021. A publicação reúne as experiências alcançadas e desafios enfrentados no projeto no que diz respeito ao gerenciamento de dados.

Plataforma Big Data Social
A Plataforma Big Data Social resultou da necessidade de expansão da política pública Cartão Mais Infância em atender o triplo de famílias previamente prevista. Através da demanda da Secretaria de Proteção Social e do Governador Camilo, alinhamos as entregas do sub-projeto Big Data Ceará para atingir mais este objetivo. Esta plataforma, foi desenhada para melhorar a política de distribuição de renda do Cartão Mais Infância e poder ser usada por outras políticas públicas de assistência social.

Pacto Colaborativo pela Não Violência à Mulher
Com a participação de mais de 70 instituições do setor público e privado, o Pacto Colaborativo Pela Não Violência À Mulher, acordo voltado ao planejamento e consolidação de ações eficientes que impactem na redução dos altos índices de violência contra a mulher, teve abertura oficial ainda em Março com cerimônia virtual que contou com a presença de personalidades como a Presidente do Grupo Mulheres do Brasil, Luiza Helena Trajano, Vice-Governadora do Estado do Ceará, Izolda Cela, a Primeira-Dama do Estado, Onélia Santana, Maria da Penha, Presidente do Instituto Maria da Penha – IMP, além de representantes de instituições, como a FIEC/Senai, Superintendência Regional do Trabalho do Ceará, Universidade Federal do Ceará, Universidade de Fortaleza, integrantes do Sistema de Justiça e outras personalidades que atuam com a temática. Na oportunidade, foi apresentada a pesquisa científica "Panorama do crime de feminicídio cadastrado no Tribunal de Justiça do Estado do Ceará (TJCE) – Comarca de Fortaleza (2018 – 2019)" e o software "Proteção na Medida", desenvolvido pelo (TJCE). O encontro teve a realização do Grupo Mulheres do Brasil e a colaboração do Íris | Laboratório de Inovação e Dados do Governo do Ceará. Foi destacada a pesquisa "Panorama do crime de feminicídio cadastrado no Tribunal de Justiça do Estado do Ceará", aonde

foram analisadas mais de 13 mil páginas de processos judiciais entre os anos de 2018 e 2019, cadastrados no portal do TJCE.

Políticas Públicas
Os projetos efetivamente deram suporte as políticas públicas do Governo do Ceará, ajudando a promovê-las e encontrando formas mais sofisticadas de coleta e análise dos doados que possam facilitar e otimizar o processo decisório em diferentes instâncias públicas como indicado abaixo:

Pacto Colaborativo pela Não Violência à Mulher
Reunimos 70 representantes de instituições públicas e privadas para debater soluções de proteção à mulher em torno do Pacto Colaborativo pela Não Violência à Mulher. Fomentamos esse encontro apresentando nossa pesquisa científica "Panorama do crime de feminicídio cadastrado no Tribunal de Justiça do Estado do Ceará (TJCE) – Comarca de Fortaleza (2018 – 2019)". Esta pesquisa é um dos resultados do projeto Plataforma Cidadã, a qual analisou mais de 13 mil páginas de processos judiciais entre os anos de 2018 e 2019, cadastrados no portal do TJCE. https://www.ceara.gov.br/2021/03/10/laboratorio-de-inovacao-do-governo-do-ceara-coopera-com-pacto-colaborativo-pela-nao-violencia-a-mulher/

Pacto para Fortalecer as Políticas da Assistência Social em Todos os Municípios Cearenses
Contribuímos para fortalecer o Sistema Único da Assistência Social, o Governo do Ceará através da criação da Plataforma Big Data Social que está sendo utilizado 184 municípios cearenses. A plataforma foi apresentada pelo Governador Camilo Santana em solenidade no Palácio da Abolição em 27 de setembro de 2021, quando foi estabelecido um pacto para fortalecer as políticas da assistência social em todos os municípios cearenses. https://www.ceara.gov.br/2021/09/27/com-investimento-superior-a-r-72-milhoes-pacto-fortalece-politicas-da-assistencia-social-em-todos-os-municipios-cearenses/

Plantão Coronavírus
O projeto por meio do Rastreador de Sintomas de COVID-19 mencionado acima facilitou a criação do Pró-Vida Plantão Psicológico Online. A rede neural identificou sintomas relacionados a comportamentos psicológicos alterados, como ansiedade, angústia e tristeza, em usuários positivos ou não para COVID-19 nos diálogos do Plantão Coronavírus. De posse dessa informação, o Estado criou a política pública de ampliar o atendimento através do canal para o cuidado com a saúde mental da população.

https://www.saude.ce.gov.br/2020/04/13/plantao-coronavirus-governo-do-ceara-lanca-canal-de-whatsapp-para-atender-a-populacao/

https://www.saude.ce.gov.br/2021/08/13/provida-plantao-psicologico-reforca-cuidados-em-saude-mental-para-profissionais-de-saude-e-populacao-de-forma-gratuita/

Considerações Finais

Neste artigo, apresentamos os projetos em execução relacionados com a transformação digital do Governo do Ceará no contexto do Programa Cientista Chefe. Os resultados alcançados demonstram que estamos avançando na transformação das instituições públicas do Ceará, ampliando suas capacidades de prestação de serviços à população, através da digitalização de serviços e da disponibilização de um canal de comunicação digital único, o CearáApp.

As transformações realizadas envolvem também o uso intensivo de dados, através da criação de plataformas de dados, as quais permitem a melhoria das políticas públicas sociais, como, por exemplo, a Plataforma Big Data Social. Através desta solução, o Governo do Ceará tem melhorado suas políticas públicas de assistência e proteção social, focando em retirar da pobreza 150 mil famílias em situação de vulnerabilidade social.

Vale ressaltar que o principal impacto dos projetos desenvolvidos não se limita apenas com a aplicação de tecnologias inovadoras no desenvolvimento da versão digital do governo do Ceará. De fato, a principal transformação está relacionada com a mudança das pessoas, dos servidores públicos, através da adoção de uma nova cultura de uso de dados nas tomadas de decisão. Consequentemente, veremos uma melhoria contínua nas políticas públicas e nos serviços oferecidos aos cidadãos, aumentando a confiança e a satisfação dos serviços providos.

Cientista Chefe no Tribunal de Justiça e Ministério Público estaduais

João José Vasco Peixoto Furtado

Colaborador
Napoleão Vieira Nepomuceno

RESUMO

Os projetos coordenados pelo Cientista Chefe da Justiça buscaram, inicialmente, identificar oportunidades de inovação a partir do conhecimento científico em Ciência de Dados e Inteligência Artificial (CDIA) para aumentar a produtividade de tarefas realizadas nas instituições e em consequência prover agilidade e qualidade dos serviços prestados à sociedade. As oportunidades identificadas se concentraram na construção de software para tratar com a crescente digitalização de documentos, fotos e áudios que tanto o Ministério Público (MPCE) como o Tribunal de Justiça (TJCE) se deparam. Da investigação criminal a partir de evidências digitais até o manuseio de processos judiciais, tudo requer tecnologia da informação capaz de agilizar trâmites internos e o atendimento à sociedade. Os dois projetos que foram desenvolvidos no âmbito do Cientista Chefe da Justiça, no TJCE e no MPCE, contemplam formas de como isso pode ser feito. Para o Ministério Público do Estado do Ceará foi desenvolvido um Portal para Exploração de Evidências Digitais onde fotos, áudios, vídeos e textos podem ser comparados, analisados e recuperados de forma eficiente e simples. Esse portal habilita o uso de ferramentas de CDIA em grandes volumes de dados de forma que certas tarefas do processo de investigação criminal que necessitavam ser realizadas em dias e mesmo meses sejam realizadas em questão de horas. No Tribunal de Justiça do Ceará, a CDIA permitiu que textos fossem lidos e interpretados pela máquina e que a classificação de petições feitas à justiça pudesse ser automaticamente realizada. Com essa abordagem inovadora, erros de classificação, que causavam atraso e retrabalho foram reduzidos. Concomitantemente, o uso de robôs de software automatizou tarefas repetitivas, o que economizou horas de trabalhos de técnicos judiciários que puderam ser mais bem aproveitados em outras tarefas. Além disso, análises dos bancos de dados da Justiça Estadual permitiram identificar gargalos e criar indicadores para avaliar, de forma quantitativa, a qualidade da Justiça.

Introdução

A Justiça brasileira se depara atualmente com uma crescente digitalização de todas as peças que compõem os processos judiciais. Petições, decisões, testemunhos e documentos diversos são textos digitalizados. Por outro lado, evidências de crime manuseadas pelo Ministério Público e órgãos de segurança, vindas das mais diversas fontes, também se apresentam em forma digital por meio de fotos, vídeos e áudios. Esse grande acervo digitalizado, fruto de um constante investimento do Estado na Tecnologia da Informação, requer tecnologias apropriadas ao seu manuseio. Trata-se de dar, cada vez mais, a capacidade da máquina automaticamente recuperar os dados, analisá-los e tomar decisões. A Ciência de Dados e a Inteligência Artificial (CDIA) são duas das áreas da Ciência da Computação que se apresentam adequadas a tal fim.

O uso intensivo da CDIA nas organizações, e na justiça em particular, apresenta seus desafios. As tecnologias da CDIA e os recursos humanos para manipulá-las ainda são escassos e imaturos. Ambas as áreas são paradigmas inovadores, onde a qualidade dos produtos desenvolvidos precisa ser cuidadosamente avaliada, seja quanto à entrada dos dados que alimentam a CDIA, seja pelas conclusões e inferências que se extraem dela.

Diante desse contexto, é natural que as instituições recorram à expertise acadêmica para desenvolver projetos inovadores nesse tema. O rigor científico com seus métodos e métricas de qualidade permitem o uso e a aplicação da CDIA de forma segura e responsável. A partir dessa motivação, o Programa Cientista Chefe induziu a aproximação de dois grupos de pesquisa multidisciplinares que envolvem especialistas em CDIA e Direito para identificar oportunidades de inovação a partir do conhecimento científico visando aumentar a produtividade dos serviços jurisdicionais, no caso do TJCE, e das investigações, no caso do MPCE.

Os dois projetos que compuseram o Programa Cientista Chefe da Justiça foram: Ciência de Dados e Inteligência Artificial para Produtividade na Prestação Jurisdicional de 1º e 2º graus, no período de execução de agosto de 2020 a dezembro de 2022; e Ciência de Dados e Inteligência Artificial no MPCE para identificação de indícios de conduta criminosa e apoio às atividades processuais, de setembro de 2020 a dezembro de 2022. Os projetos foram fortemente fundamentados na aplicação de Inteligência Artificial para exploração de dados estruturados e não estruturados para prover métodos, técnicas e ferramentas que possam contribuir no atendimento aos reclamos da sociedade por uma justiça ágil, acessível, célere e conectada com a realidade social.

No restante desse capítulo, nas duas próximas seções, serão descritos os resultados obtidos no projeto do TJ e no projeto do MPCE, respectivamente. Considerações sobre os desdobramentos que os projetos tiveram pela perspectiva de gestão pública e acadêmica são posteriormente traçadas. A finalização do capítulo reflete sobre a continuidade do programa com possibilidades de sua extensão.

CDIA como Instrumento para Produtividade da Prestação Jurisdicional

No TJ foram desenvolvidos softwares e métodos para apoiar o trâmite de processos e apoiar a tomada de decisão dos magistrados através do uso da Ciência de Dados e da Inteligência Artificial em três linhas:

- Processamento da linguagem natural para classificação de petições;
- Automação inteligente de processos judiciários;
- Indicadores de qualidade da justiça a partir de dados.

Processamento de Linguagem Natural (PLN)

A área de PLN destina-se a desenvolver programas de computador que tenham a habilidade de compreender textos escritos em uma língua natural para, por exemplo, extrair dos mesmos informações estruturadas. O volume de documentos textuais recebidos e gerados pelo judiciário (petições, despachos, decisões etc.) e que compõem um processo judicial revelaram um potencial elevado de utilização de instrumentos e métodos de PLN. No projeto, técnicas e métodos de PLN foram usados para extrair entidades mencionadas nos documentos (objetos envolvidos nos processos, reclamantes, reclamados, legislações), encontrar correlações entre essas entidades e fazer inferências automáticas.

a) Reconhecimento de entidades de um texto jurídico

A ausência de algoritmos já adaptados ao português e aos textos jurídicos dificulta o desenvolvimento ou mesmo o aperfeiçoamento de aplicações de reconhecimento de entidades como de classificação e categorização de tópicos dos documentos. Isso requereu a produção de uma Coleção Dourada, com documentos jurídicos com as entidades anotadas, de forma que o processo de treinamento dos algoritmos de IA e a validação deles pudesse ser efetuada.

A criação da Coleção Dourada do Judiciário Brasileiro (CDJURBR), um dos resultados do projeto, seguiu uma metodologia própria para criar um conjunto de dados diverso e robustamente validado por especialistas consistindo em 21 entidades representativas (sob a perspectiva dos especialistas envolvidos). Um olhar especial, com várias rodadas de refinamento e validação, foi dado ao processo de rotulação das citações legais feitas na CDJURBR, visto que formalizam o raciocínio jurídico descrito no documento e são essenciais a algumas tarefas de PLN para o domínio jurídico. Uma força tarefa de especialistas de diferentes perfis vindos da Universidade (Universidade de Fortaleza), Ministério Público Estadual (MPCE) e Tribunal de Justiça Estadual (TJCE) realizou a rotulagem dos documentos. A coleção dourada contém 1.074 documentos e 44.632 entidades rotuladas.

A partir da CDJURBR foi possível desenvolver um Reconhecedor Automático de Entidades Jurídicas (NERJUR), contemplando as seguintes entidades nomeadas:

pessoas (juiz, autor e réu do processo, vítimas, testemunhas, advogados, Ministério Público etc.), endereços (do réu, do autor, das vítimas, das testemunhas e do delito), legislações, normas jurídicas e jurisprudências.

b) Classificação Automática de Assuntos usando um grafo de conhecimento legislativo

A classificação automática de textos é uma das mais relevantes tarefas que a IA pode realizar. No caso do TJ, deve-se buscar estimar, a partir do texto de uma petição, qual o assunto dela dentre os assuntos registrados na Tabela Processual Unificada (TPU) mantida pelo CNJ. A TPU se organiza de forma hierárquica consistindo em uma árvore de assuntos com cerca 4.500 assuntos folhas. A alta dimensionalidade da TPU torna complexa a tarefa de escolha do assunto pelos jurisdicionados, advogados e serventuários. Esta dificuldade prejudica o direcionamento e a distribuição dos processos nas varas dos Tribunais, impactando negativamente na produtividade da Justiça Brasileira. A correta classificação de processos judiciais melhora a assertividade de (i) distribuição, (ii) organização da pauta de audiências e sessões, (iii) classificação de medidas urgentes e provas, (iv) identificação de prescrição e (v) prevenção.

Um classificador automático foi desenvolvido a partir de um refinamento de um modelo pré-treinado por uma rede neural recorrente bidirecional (BERT) e suas variantes para a língua portuguesa (BERTIMBAU). Além do texto, o classificador faz uso do NERJUR e de informações sobre a rede de citações criadas a partir das referências legais que as petições fazem às leis brasileiras. Essas referências legais são consultadas em um Grafo de Conhecimento Legislativo (KGL), outro entregável importante do projeto.

O KGL representa a legislação federal brasileira com o texto de cada lei estruturado a nível de artigo, parágrafo, inciso, alíneas e itens e das relações de citação e alteração que existem entre essas leis. Ele representa todas as Leis Ordinárias, Decretos, Leis Complementares, Decretos-Lei, Leis Delegadas, Medidas Provisórias, Constituição e legislações complementares estaduais desde 1940. Ao todo são cerca de 214 mil dispositivos legais.

c) Validação e implementação no sistema PJe

O classificador foi treinado e validado em um conjunto de dados, denominado Dataset 340k, constituído por 338.647 petições iniciais, oriundas das fontes de dados disponibilizadas pelo Conselho Nacional de Justiça envolvendo processos de primeiro e segundo grau das esferas estadual e federal. Uma metodologia de treinamento que envolve etapas de pré-processamento, aprendizado e validação foi definida e transferida para a equipe técnica do TJ. A acurácia das estimativas feitas pelo classificador para os assuntos mais frequentes e que correspondem a 80% dos processos gira em torno de 70%. Entre os 29 grupos de assuntos principais, 23 deles tiveram acurácia (medida pelo F-score macro) maior que 70%.

O classificador foi implementado como um serviço da plataforma SINAPSE do CNJ e está sendo usado por uma versão do sistema processual PJe do TJ. A Figura 1 mostra a interface do sistema PJe e como a informação de assunto é automaticamente mostrada.



Figura 1: Tela do sistema PJe. Em (1) vê-se o assunto raiz escolhido pelo usuário. Com base no texto da petição (2) o classificador estima o assunto a que se refere a petição dentro da linhagem escolhida em (1). Fonte: produzida pelo autor a partir de acesso ao sistema PJe do TJCE.

Automação e Mineração de Processos Judiciários

Os tribunais, cada vez mais pressionados por limitações orçamentárias e pela crescente judicialização, buscam mecanismos capazes de potencializar o gerenciamento de seus recursos e fortalecer a qualidade e eficiência da prestação jurisdicional. A implantação dessas medidas enfrenta desafios técnico-operacionais e até mesmo legais. No contexto técnico-operacional um dos primeiros desafios que pode ser observado repousa nas limitações encontradas tanto na qualidade dos dados disponíveis nos mais variados sistemas utilizados pelos diferentes entes do poder Judiciário, bem como pela falta de qualidade e acurácia de muitos dos dados populados nestes sistemas quando do processo de digitalização dos processos pertencentes aos acervos físicos, ou até mesmo no preenchimento de dados pelos jurisdicionados, advogados e serventuários.

O uso de RPA (Robotic Process Automation), com o desenvolvimento de 10 robôs que atuam nos sistemas SAJ-TJ e PJe, permitiu a integração de sistemas e diminuiu a carga de trabalho de usuários em processo de negócios, automatizando tarefas repetitivas e rotineiras. Além de automatizar tarefas repetitivas simples, o IPA

(Intelligent Process Automation) alcança uma automação mais complexa usando Inteligência Artificial para minimizar o treinamento dependente de humanos e automatizar tarefas mais complexas que envolvem tomada de decisões. No caso do TJCE, foram 657 horas anuais de trabalho de servidores públicos liberadas, apenas com as tarefas automatizadas para o PJe e 750 horas anuais liberadas do trabalho de servidores públicos com as tarefas automatizadas para o SAJ-TJ.

Além de IPA, técnicas de mineração de processos da classe "execução fiscal" permitiram caracterizar as movimentações dos processos. Um minerador indutivo gerou ume rede de Petri com relações de precedência e concorrência entre atividades que indicam desvios que ocorrem do fluxo ideal, importante para se investigar em trabalhos de auditoria de conformidade. A mineração de processos revelou ciclos de movimentações que não contribuem para o avanço do processo e que podem gerar gargalos e perca da eficiência na resposta à demanda que foi judicializada.

Outro aspecto importante é que a adequada mineração dos dados dos processos em tramitação pode ser utilizada para o fornecimento de informações estratégicas que podem apoiar os tribunais a melhor gerenciar recursos humanos e materiais com o objetivo de minimizar ou evitar a ocorrência de gargalos de produtividade, o que impacta significativamente na duração do processo e a eficiência do tribunal. Isso contribuiu para a construção de estratégias de identificação de estágios que podem ser acelerados ou atividades que podem ser automatizadas.

Indicadores de Qualidade da Justiça

A avaliação da qualidade das atividades desempenhadas pelo Estado brasileiro é uma temática recente e que ainda amadurece seus contornos metodológicos. Apesar desse movimento de avaliação fazer parte da agenda pública de forma mais efetiva a partir da década de 80 e de progressivamente expandir desde então, ele manteve-se relativamente afastado das políticas de distribuição de justiça pelo poder judiciário.

No projeto de pesquisa em questão foi aberta uma linha denominada "Justiça Justa" que teve por intuito avaliar as atividades desenvolvidas pelo Poder Judiciário a partir de indicadores quantificáveis da qualidade da Justiça. Nesse contexto, um dos principais desafios foi o construir uma matriz de qualidade preenchida a partir de dados minerados dos bancos de dados de processos judiciais armazenados no TJCE e no CNJ e que pudessem mensurar a qualidade dos serviços jurisdicionais.

A matriz, respeita também indicações apontadas pelo Banco Mundial para avaliação do nível de qualidade de um processo como a observação do nível de eficiência de práticas de gestão de casos, do nível de automatização dos processos e a utilização de métodos alternativos de solução de conflitos.

Dessa forma o projeto estruturou uma matriz com indicadores a serem construídos a partir de dados para avaliação do judiciário que combina três dimensões: a de

Ingresso, Processamento (Gerenciamento do processo para tomada de decisão) e Saída (Resultados), além de dois fatores de análise, Eficiência (Performance) e Qualidade (Fairness). Dentro de cada dimensão-fator elaborou-se um conjunto de indicadores que devem ser observados como aspectos de uma Justiça Justa, conforme a matriz abaixo ilustra uma das dimensões.

	Eficiência	T1 – Tempo de decisão (entre o protocolo e o mérito)
		T2 – Nível de automatização dos procedimentos
	Qualidade	T3 – Quantidade de atos de contato entre as partes e o juiz
		T4 – Percentual de incidentes (ouvidorias, incidentes, reclamações e inspeções)

A partir desses indicadores, dashboards foram desenvolvidos para facilitar consultas e análises dos dados. Um exemplo de um dashboard pode ser visto na Figura 2.

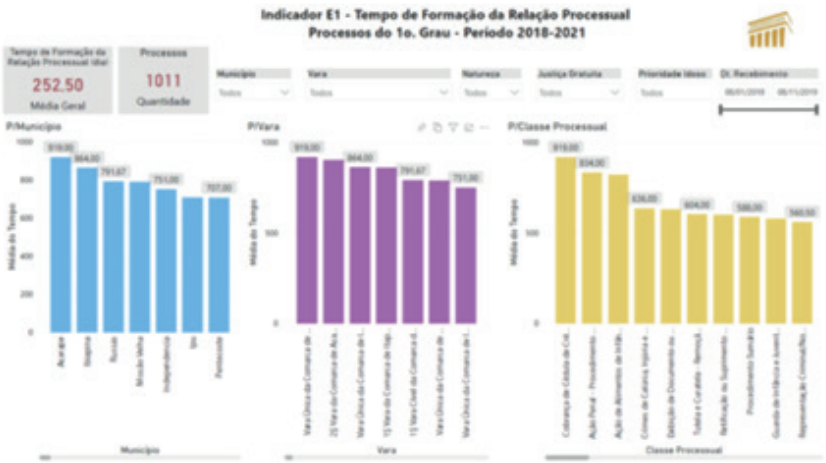


Figura 2: Tela de indicadores sobre tempo de formação da relação processual. Fonte: Dashboards produzidos por João Monteiro Neto e Fernando Siqueira.

CDIA como Instrumento de Apoio a Investigações: o Portal PEED

No MPCE foram desenvolvidos softwares e métodos, também baseados na Inteligência Artificial e em Big Data, para apoiar a investigações devido a crimes realizados por facções. As linhas de atuação foram a de processamento eficiente de Big Data, aprendizagem profunda para tratamento de imagens e áudios e o processamento de linguagem natural em textos. As técnicas e ferramentas produzidas para cada uma dessas linhas foram integradas no Portal de Exploração de Evidências Digitais (PEED). Ele visa sistematizar, aperfeiçoar e agilizar a exploração de evidências digitais contidas em fontes de dados como Web, mídias sociais, computadores e celulares, que estão cada vez mais presentes no dia a dia de investigadores.

O problema em se explorar estas evidências é que são grandes volumes de dados semiestruturados, como textos, fotos, áudios e vídeos, difíceis de serem humanamente processados de forma rápida e exaustiva. Para tanto, o PEED emprega técnicas de CDIA, abrangendo os processos de coleta, integração, análise e visualização de evidências digitais. Ressalta-se que, com a crescente demanda por análise de dados para fins investigativos, hoje um investigador necessita, além das ferramentas computacionais em si, do suporte de pessoas com conhecimento em áreas muito específicas, como Computação Distribuída, Ciência de Dados, Inteligência Artificial e Big Data, para que possa explorar de forma plena, segura e eficiente os dados de uma investigação sob sua responsabilidade. A interação entre estas pessoas e a integração entre as atividades desempenhadas por elas são críticas porque as técnicas adotadas durante uma investigação devem estar em conformidade com regulamentações, normas e melhores práticas vigentes, de forma a garantir a integridade dos dados e a legalidade das provas ao longo de todos os níveis do fluxo de atividades. Neste contexto, o PEED permite ainda a "separação de preocupações" na realização das tarefas executadas por pessoas com diferentes níveis de atuação no desenvolvimento e no uso de ferramentas de suporte a investigação criminal, mas garantindo ainda a execução sistemática do fluxo de atividades e proporcionando a padronização dos fluxos de investigação. A arquitetura do PEED compõe-se basicamente de 3 camadas: (1) Interface Web (2) API de comunicação, e (3) plataforma de ciência de dados, conforme ilustrado na Figura 3.

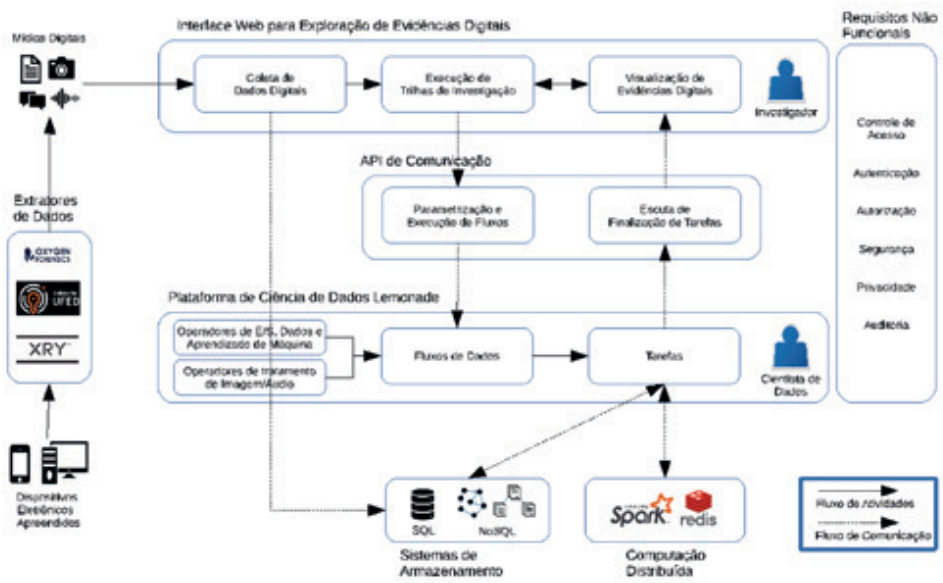


Figura 3 Arquitetura do PEED em três camadas: Interface, API e Dados. Fonte: Produzido pelo autor e por Napoleão Vieira Nepomuceno

A camada superior, de interface web, é onde o usuário com perfil de investigador atua. A plataforma permite que o usuário, durante a realização de um procedimento de investigação criminal, realize a coleta de dados digitais, em geral volumosos, provenientes tipicamente de dispositivos eletrônicos apreendidos ou extraídos de redes sociais. O investigador também tem à disposição, nesta camada, um conjunto de trilhas de investigação, que realizam o processamento de uma grande quantidade de dados diversos para realizar tarefas como “exibir a rede de contatos mais próximos de um Alvo”, “determinar a provável identidade de um Alvo a partir de uma foto”, “extrair fotos em que o Alvo1 e o Alvo2 aparecem juntos”, “identificar o provável Interlocutor de uma conversa de áudio”, “filtrar mensagens de conversa de texto que evoquem cenários de tráfico de drogas” e “recuperar as peças processuais em que determinado Alvo é citado como testemunha”. Nesta camada, a complexidade das tecnologias utilizadas para exploração das evidências digitais é transparente para o usuário. Por fim, o investigador dispõe de uma interface interativa de visualização das evidencias digitais, como relatórios, grafos de vínculos, exibição de conversas de aplicativos de mensagens de texto, organização de fotos, que possibilita a navegação e a execução de novas trilhas de investigação de forma intuitiva. Por exemplo, realizada a identificação de um alvo a partir de um arquivo de áudio ou de foto, poder-se-ia exibir a sua rede de contatos mais próximos ou recuperar as peças processuais em que o alvo é citado.

A camada inferior, de ciência de dados, usa a plataforma Lemonade e é onde atua o usuário com perfil de cientista de dados. A plataforma Lemonade provê uma interface de programação visual para projeto, implementação e execução de fluxos

de análise de dados, abstraindo assim operações complexas de Ciência de Dados que exigem conhecimento em áreas muito específicas, como aprendizado de máquina e processamento maciço de dados. Desta forma, o cientista de dados pode se concentrar na construção de soluções específicas do domínio de aplicação. Grosso modo, a plataforma implementa um conjunto de operadores, que são utilizados para compor fluxos de trabalho gerenciáveis. O cientista de dados pode, através de um processo intuitivo de arrastar e soltar, criar fluxos de trabalho para realizar tarefas como aplicação de sumários estatísticos, geração de dashboards, visualização de mapas, e criação de modelos de aprendizado de máquina. O usuário pode, então, processar um fluxo de trabalho, ainda que este manipule grandes volumes de dados e faça uso de computação distribuída, sem se preocupar com o gerenciamento destes recursos. É importante ressaltar que a plataforma Lemonade é implementada como uma ferramenta de código aberto, o que torna possível a implementação de novos operadores por programadores. No contexto deste trabalho, a plataforma Lemonade foi estendida com o desenvolvimento de operadores de tratamento de imagem e de áudio, reconhecimento facial e reconhecimento de padrão de voz.

A camada intermediaria, API de comunicação, permite a comunicação entre o front-end utilizado pelo investigador e a plataforma Lemonade. Em outros termos, esta camada permite que os fluxos de trabalho criados pelos cientistas de dados na plataforma Lemonade estejam disponíveis na interface de visualização de evidências digitais, permitindo a navegação interativa pelas trilhas de investigação. Esta camada é, portanto, responsável por realizar a parametrização e o disparo dos fluxos de trabalho, à medida em que o investigador navega na interface de exploração de evidências digitais, além de resgatar os resultados das tarefas finalizadas para apresentação.

Trilha de filtro de conversas de texto. Este módulo permite o filtro de conversas de texto (SMS, WhatsApp etc) em grande volume, tipicamente extraídas de celulares apreendidos, com base em frames que exploram os papéis semânticos envolvidos em um evento ou situação (compra e venda, assassinato, extorsão etc) e, portanto, de forma complementar à consulta simples por palavra-chave. A ferramenta facilita a identificação e a exploração de trechos de conversas que podem ser de interesse a uma investigação.

Trilha de reconhecimento facial. Este módulo permite a extração das faces de um acervo de imagens, tipicamente obtidas de celulares apreendidos, e realiza a separação das fotos de cada uma das pessoas que aparecem no acervo. Além de facilitar a exploração do acervo de fotos, a ferramenta auxilia na identificação de pessoas com o uso de reconhecimento facial para comparar padrões faciais em bases de dados de interesse. Atualmente, a principal base utilizada pelo PEED é de posse da Secretaria de Administração Penitenciária do Estado do Ceará (SAP-CE).

Trilha de reconhecimento do padrão de voz. Este módulo permite agrupar por padrão de voz um conjunto de áudios extraídos tipicamente de celulares apreendidos. O módulo apoia ainda a verificação da identidade de interlocutores a

partir do padrão de voz, através da busca em bases de dados de interesse. Atualmente, a principal base explorada pelo PEED é de posse da Secretaria de Administração Penitenciária do Estado do Ceará (SAP-CE).

Para a produção das trilhas supra-mencionadas foram desenvolvidos os seguintes itens:

- Um algoritmo baseado em redes neurais convolucionais para organizar fotos com a separação de rostos similares e a consulta em bases de fotos externas
- Um algoritmo baseado em redes neurais recorrentes para organizar áudios e a consulta em bases externas
- Um algoritmo baseado em scripts semânticos para identificar segmentos de diálogos de WhatsApp que indiquem cenários suspeitos

Por fim, complementarmente ao PEED foi desenvolvido um sistema de busca inteligente de textos em processos judiciais do MPCE usando buscas semântica

Desdobramentos a partir das Atividades Principais dos Projetos

Parcerias institucionais

O projeto com o MPCE já nasceu com uma parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais para o desenvolvimento de soluções conjuntas para o MPCE e MPMG usando a plataforma de tratamento de Big Data Lemonade. Conjugado a isto, as ferramentas desenvolvidas no projeto do MPCE induziram colaborações entre o Órgão e outros MP. Ressalte-se uma colaboração com o MPRJ para usar a tecnologia de reconhecimento fácil no portal de pessoas desaparecidas mantido pelo Ministério da Justiça e MPRJ.

No caso do TJCE, a colaboração com o CNJ foi intensificada com o desenvolvimento de produtos para uso nacional em projeto com o próprio CNJ. Parte da equipe que participou do projeto no TJCE foi selecionada pelo CNJ e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para desenvolver o projeto BRA/20/015 - Justiça 4.0: inovação e efetividade na realização da justiça para todos – Classificação Processual, com suporte financeiro para 18 meses de projeto.

Além desse aporte, a Fundação Edson Queiroz deu apoio financeiro para apoiar o desenvolvimento do projeto Inteligência Artificial e Direito, sob a coordenação do Cientista Chefe da Justiça. Demandas para desenvolvimento de outros projetos estão surgindo. Ressalte-se a articulação com a Secretaria de Fazenda de São Paulo, no setor de julgamento de processos fiscais. Há interesse em desenvolver produtos similares, mas adaptados a esse contexto.

Impacto acadêmico

Os impactos acadêmicos dos projetos podem ser medidos sob diferentes perspectivas. Em termos de ensino, os projetos envolveram 10 alunos de mestrado e 4 de

doutorado. Quatro dissertações de mestrado e 3 teses de doutorado estão sendo desenvolvidas em temas relacionados ao projeto. Além disso, os projetos que compõem o Cientista Chefe da Justiça e MPCE provocaram uma interação forte da área do Direito com o Núcleo de Inteligência Artificial e Ciência de Dados da Unifor. Essa interação está refletida na proposta de criar um mestrado profissional em CDIA onde aplicações na área do direito serão especialmente privilegiadas.

As publicações científicas que constam no Anexo permitiram a inserção da equipe na comunidade de IA e Lei e divulgaram e validaram os resultados obtidos. Além dessas dimensões, vale ressaltar o impacto que a produção dos conjuntos de dados usados para treinar e validar os algoritmos têm na pesquisa científica de IA e Direito na língua portuguesa. São escassos os recursos de qualidade e de grande volume como os produzidos no projeto e que podem ser usados para benchmarks diversos.

Políticas públicas

Com as tecnologias de reconhecimento facial desenvolvidas, o MPCE passou a discutir com o MPRJ uma nova funcionalidade no portal de pessoas desaparecidas, mantido por este último. Isso implica em novos protocolos de registro e consulta de pessoas desaparecidas no País. Com isso será possível identificar mais facilmente pessoas desaparecidas que não estão com suas faculdades mentais normais. Além disso, alguns dos produtos inicialmente gerados exclusivamente para o TJCE passaram a ser incorporados pelo Conselho Nacional de Justiça e ficaram disponíveis no Portal Sinapses mantido pelo CNJ.

Considerações finais

O sucesso dos projetos de P&D para a Justiça desenvolvidos no âmbito do Programa Cientista Chefe pode ser atestado pelo interesse de ambas as instituições em continuar a parceria com a equipe de pesquisadores e pelo reconhecimento nacional que ambas as iniciativas tiveram. Em particular, ressalte-se que o Portal de Exploração de Evidências Digitais (PEED) desenvolvido para o MP recebeu o prêmio do Conselho Nacional do Ministério Público como inovação nacional na categoria Tecnologia e Inovação em 2022. Igualmente, a seleção da equipe de pesquisadores pelo CNJ para expandir as pesquisas desenvolvidas no Estado para o nível nacional é evidência do reconhecimento da excelência do trabalho desenvolvido.

A continuidade dos projetos permitirá obter impactos nas atividades dos órgãos públicos com maior rapidez do que nesses dois primeiros anos. O começo dos projetos requereu uma fase de preparação de dados para aplicação da IA bem como adaptações nas instituições para que pudessem usar as inovações. Nesse momento, a introdução da inovação está mais facilitada. Vale ressaltar ainda que a introdução da tecnologia desenvolvida a partir das pesquisas realizadas no programa Cientista Chefe nos órgãos públicos é um desafio à parte. Via de regra, isso não se dá de forma simples e, no caso de projetos em que software e sistemas de informações são criados, há dificuldades a serem transpostas pelo fato de que os processos organizacionais precisam ser adaptados. Mecanismos para introduzir a inovação

desenvolvida na organização precisam ser criados no nível gerencial, o que requere apoio em vários níveis organizacionais. Os laboratórios de inovação do TJCE e do MPCE se tornaram essenciais, pois eles atuaram como facilitadores junto aos setores que tiveram processos impactados pela introdução da inovação. Reuniões de sensibilização, treinamento e documentação adequada foram instrumentos importantes nesse processo. O envolvimento das equipes de TIC dos órgãos desde o começo do projeto também tem sido essencial.

Tanto no projeto do TJCE como do MPCE, as equipes foram formadas com pesquisadores e alunos da computação, física e direito. Além dos pesquisadores, operadores do direito como magistrados e promotores interagiram fortemente com a equipe de pesquisadores. A natureza multidisciplinar da equipe foi importante para que várias tarefas que compõem o ciclo de criação e desenvolvimento das inovações fossem realizadas de forma rápida e com qualidade. A validação de hipóteses que explicam os padrões nos dados, por exemplo, só pode ser feita com a colaboração de especialistas no domínio.

Vários desafios científicos se abriram a partir dos desenvolvimentos iniciais tidos nos projetos. Dois merecem atenção. Não havia uma iniciativa, no Brasil, de treinar um modelo de linguagem jurídico em português. A partir dos dados preparados nos projetos isso se torna possível. Negociações com o CNJ e com o TJCE estão sendo feitas para este fim. A criação de tal modelo trará avanços em várias tarefas de PLN na área jurídica e permitirá buscas de informações a partir da semântica dos termos sendo buscados, o que impactará positivamente no acesso à informação processual por todos os operadores do Direito.

O segundo desafio se dá na área de processamento de áudios. A identificação e reconhecimento de pessoas pela língua falada é uma área de pesquisa em aberto, e igualmente ao cenário anterior, no Brasil, havia raríssimas bases de áudios que poderiam alimentar algoritmos de aprendizagem. Ao fornecer ferramentas para realizar recuperações de pessoas por áudio, o PEED será indutor de iniciativas dos órgãos de investigação para que passem a criar essas bases. Métodos que possam extrair áudio de vídeos de testemunhas em processos judiciais já começam a ser investigados pela equipe visando criar essa base.

É importante ressaltar que todos esses avanços da CDIA exigem discussões sobre aspectos ligados à privacidade e uso de informações pessoais pelo Estado. Os MPs têm certamente muito a discutir sobre as questões a fim de evitar abusos no da CDIA.

Utilização de Modelos Econômicos Avançados na Gestão Pública

Flávio Ataliba Flexa Daltro Barreto

Colaborador
Mauricio Benegas

RESUMO

Este artigo descreve o programa cientista chefe da economia enfatizando sua origem como resposta a uma série de demandas da Secretaria de Planejamento e Gestão do estado do Ceará (SEPLAG). Essas demandas correspondem aos problemas típicos enfrentados rotineiramente pela SEPLAG. De um modo geral, todas as demandas estão ligadas a questão fundamental de alocação eficiente de recursos públicos e como a administração pública pode efetivar seu papel nos ganhos de eficiência econômica. Atualmente o programa conta com a execução de sete projetos incluindo o meta projeto que se ocupa de supervisionar o andamento dos trabalhos e as entregas dos outros seis subprojetos. Os subprojetos em execução são responsáveis pelas entregas do programa, que respondem a uma ampla gama de problemas tais como: 1) compreender o perfil socioeconômico de famílias atendidas por programas sociais do governo do Ceará; 2) avaliar o impacto desses programas na redução da pobreza e desigualdade; 3) elaborar mecanismos eficientes para o desenho e implementação de contratos de Parcerias Público Privadas; 4) classificar os municípios do Ceará quanto à sua capacidade de enfrentar crises; 5) propor modelo mais equitativos na oferta de saúde pública; 6) obter respostas rápidas e eficientes à choques adversos sobre os agregados macroeconômicos do estado; e outros. Atualmente o programa conta com a colaboração de quarenta e duas pessoas incluído o cientista chefe da economia, o secretário executivo da Seplag, Flávio Ataliba. O restante da equipe é formado por 32 doutores e doutoras, 8 mestres e 1 graduada.

Introdução

O programa cientista chefe da economia foi formalmente estabelecido em novembro de 2020, muito embora parte dos projetos que o compõe tenha iniciado suas atividades ainda em 2019. Surgiu como resposta a uma série de demandas específicas apresentadas pela Secretaria de Planejamento e Gestão do Governo do Estado do Ceará (SEPLAG). Essas demandas correspondem a soluções de problemas que são pertinentes aos desafios que a SEPLAG enfrenta em sua rotina de trabalho, sobretudo quanto a melhoria da alocação dos recursos públicos destinados a oferta de bens e serviços à sociedade. O programa conta hoje com seis projetos, cada um com um coordenador e no mínimo um pesquisador doutor, bem como estudantes de doutorado. Ao todo são 41 bolsistas dentre os quais 32 são doutores, 9 são mestres e 1 bolsista é graduada.

Os problemas tratados nos seis subprojetos do programa, são variados, mas gravitam em torno de um eixo norteador. Todas as pesquisas tocam em uma ou mais dimensões que afetam os ganhos de eficiência da economia cearense, principalmente àqueles ganhos advindos do aumento da produtividade. Esse é o tema central dos esforços do programa, entendendo que os ganhos de produtividade são afetados por uma ampla gama de fatores e não apenas investimento em capital humano como advoga o senso comum. Vulnerabilidade social, saúde física e mental, ambiente econômico, oferta adequada de bens meritórios etc. Esses são alguns dos fatores que influenciam direta ou indiretamente as condições para que o indivíduo, dada a sua qualificação, possa atingir todo seu potencial no mercado de trabalho.

Com essa perspectiva em mente, a SEPLAG apresentou uma série de demandas que, em seu conjunto, formam as bases do programa cientista chefe da economia. Dessas demandas foram propostos seis subprojetos de pesquisa que se materializaram em uma série de entregas como se verá a seguir.

Além desta introdução este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta os subprojetos do programa; a seção 3 traz os resultados dos subprojetos; a seção 4 relaciona os produtos dos projetos a outras instâncias; na seção 5 são feitas as considerações finais; por fim nos Anexos I e II são apresentados, respectivamente, a produção cientifica e tecnológica gerada pelo programa e a equipe executora.

Subprojetos

Os subprojetos ora citados são listados a seguir:

- Perfil Socioeconômico, Insegurança Alimentar e Impacto de Programas Sociais das Famílias Beneficiadas Pelo Programa mais Infância Ceará;
- Desenho e Estruturação de Contratos de Parcerias Público Privadas Aplicados a Projetos de Infraestrutura Econômica e Social do Estado do Ceará;
- Modelo de Equilíbrio Geral Estocástico Computável Aplicado aos Estado do Ceará – SAMBA + REG;
- Condições de Financiamento e Oferta de Saúde Pública no Estado do Ceará: Diagnósticos e Propostas;
- Espaço Fiscal e Competência no Enfrentamento de Crises dos Municípios do Ceará e Governança dos Projetos do FECOP;
- Centro de Dados e Avaliação de Políticas Públicas – CAPP/IPECE.

Note-se que, numa primeira leitura, os temas parecem desconexos, a não ser por estarem ligados a grande área da economia. Mas, uma breve reflexão é suficiente para convencer o leitor de que todos os projetos estão em maior ou menor grau, associados ao eixo norteador do programa cientista chefe da economia. De fato, as pesquisas no campo da economia social tratam, em parte, do sucesso de alguns programas sociais do governo em alcançar certos indicadores. A maioria desses indicadores mede desempenho escolar das crianças ou nível de renda de chefes de família. Em ambos os casos a produtividade do trabalho está em foco: o sucesso em alcançar bons resultados na educação formal possibilitam ao indivíduo obter as habilidades necessárias para boa inserção no mercado de trabalho. Sucesso em alcançar maiores níveis de renda é resultado, em grande medida, de melhorias na empregabilidade. Vemos, portanto, que esses trabalhos avaliam a produtividade da mão de obra ex ante e ex post [1].

Intimamente ligada a questão de vulnerabilidade social está as condições de saúde do indivíduo. É evidente que gozar de boa saúde é condição necessária para que o indivíduo desempenhe satisfatoriamente suas atividades laborais. No agregado, uma população saudável irá contribuir para o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável. Num país em que mais de 70% dos atendimentos clínicos são realizados na rede pública de saúde, é importante avaliar se o sistema único de saúde (SUS) cumpre com efetividade a tarefa de oferecer assistência médica e hospitalar de qualidade. O subprojeto do programa que atua na área da economia da saúde visa obter um diagnóstico geral quanto ao modelo de financiamento e divisão de competências entre União, Estado e Municípios no Ceará.

A constituição de 1988 colocou sobre o estado uma série de atribuições que se tornaram despesas obrigatórias ao longo dos últimos trinta e quatro anos. Essas despesas, por razões óbvias, apresentam crescimento vegetativo o que acarretou, por razões diversas, um estrangulamento das finanças públicas da União e dos entes federativos. A crise fiscal que se agravou em meados dos anos noventa trouxe

consigo a necessidade de pensar em novos modelos para financiar outras despesas públicas, como por exemplo o investimento em infraestrutura. Concessões e privatizações têm sido os modelos mais utilizados, mas nos últimos anos o uso de Parcerias Público Privadas (PPP´s) vem se mostrando uma alternativa viável e em muitos casos superior aos modelos tradicionais. O subprojeto que trata do tema em apreço oferece um arcabouço que tem permitido ao governo do estado estruturar contratos de PPP com mais agilidade e eficiência dando especial atenção a pontos sensíveis nesse tipo de contrato como repartição de risco, valuation do projeto e viabilidade econômica. Contratos de PPP podem, quando bem estruturados e bem executados, ampliar substancialmente a oferta de infraestrutura econômica e social do estado do Ceará, o que teria impacto imediato nos ganhos de produtividade da economia cearense.

Todo governo, seja qual for a esfera, se beneficia enormemente de um confiável arcabouço técnico para avaliar o ambiente econômico e reagir a choques adversos com máxima efetividade e custo mínimo. Existem vários modelos econômicos que cumprem com relativa eficiência a simulação de cenários mediante a ocorrência de inúmeros choques. Em geral esses modelos são variações dos chamados modelos de equilíbrio geral computável (CGE). Um traço comum a todos é que ele são aplicáveis a economias nacionais e em termos agregados. Um dos subprojetos do programa construiu um modelo do tipo CGE com duas inovações. Primeiro o modelo propõe um recorte regional, permitindo que se avalie os choques sobre os agregados da economia do Ceará. Segundo o modelo é setorizado permitindo avaliar quais setores da economia são mais sensíveis a tais choque.

O diálogo entre a academia e a administração pública nem sempre ocorre da forma mais eficiente possível. Isso decorre das inúmeras diferenças existentes na dinâmica de trabalho em ambos os setores. Consequentemente, a execução dos subprojetos bem como a efetivação das entregas geradas pelos mesmos, enfrentaram algumas dificuldades. Dentre essas dificuldades podemos destacar três que foram comuns a todos os subprojetos. A primeira é a própria natureza da gestão pública. Tudo que envolve recursos públicos está sob constante escrutínio dos órgãos de controle, por isso a rotina de trabalho dentro das repartições públicas do estado deve priorizar as recomendações de tais órgãos. Em algumas situações, essa atenção aos ritos processuais na administração pública, dificultou a efetivação de algumas entregas. Por exemplo, o governo do estado não utiliza softwares pagos, portanto os projetos que contemplam rotinas computacionais tiveram que fazê-lo, muitas vezes, em linguagens que não são as mais acessíveis, conduzindo assim a outro problema muito frequente: a transferência de tecnologia. Neste particular também é importante enfatizar que o treinamento necessário para os técnicos do governo, depende da disponibilidade de tempo e organização das repartições, o que muitas vezes dificulta a execução eficientes de alguns produtos. Por fim, outra dificuldade enfrentada pela maioria dos subprojetos é o acesso à informação. Esta é uma questão que esbarra em várias dificuldades, a principal delas é a ausência de uma cultura de armazenamento e tratamento de dados dentro da administração pública.

Principais Resultados

Nesta seção descrevemos os principais produtos gerados perlo subprojetos do programa. Esses produtos estão disponíveis para o uso dos técnicos da SEPLAG/IPECE ou de secretarias afins como SEFAZ, SEDET ou SPS. Os produtos serão listados para cada subprojeto bem como uma descrição do mesmos e suas evidências.

O subprojeto “Perfil Socioeconômico, Insegurança Alimentar e Impacto de Programas Sociais das Famílias Beneficiadas Pelo Programa mais Infância Ceará” teve como primeiro produto uma base de contendo informações socioeconômicas das famílias atendidas pelo cartão mais infância nos municípios de Maracanaú, Baturité e Canindé. Essas informações constam em CD-R acompanhando o relatório final do projeto entregue à FUNCAP e à SEPLAG. Os mesmos resultados também foram apresentados em evento remoto organizado pelo Observatório do Federalismo Brasileiro (OFB). O segundo produto entregue pelo subprojeto em questão foi um estudo relatando o impacto do cartão mais infância sobre o desempenho escolar dos alunos e alunas do ensino fundamental e médio. Os resultados desse estudo estão documentados em relatório entregue à FUNCAP e à SEPLAG e foram apresentados em evento remoto organizado pelo Observatório do Federalismo Brasileiro. O terceiro produto entregue foi um estudo contendo a estrutura de governança atual e propostas de melhoria para o programa mais infância Ceará cujos resultados estão em posse da FUNCAP e da SEPLAG. Por fim o quarto produto foi uma base de dados contendo informações socioeconômicas e de pobreza digital das famílias atendidas por programas de transferência de renda estatual e federal nos municípios de Fortaleza, Beberibe, Fortim, Pentecoste, Redenção e Horizonte. Essa base de dados consta em CD-R acompanhando o relatório final do projeto entregue à FUNCAP e à SEPLAG.

Em sequência, a primeira entrega realizada pelo subprojeto “Desenho e Estruturação de Contratos de Parcerias Público Privadas Aplicados a Projetos de Infraestrutura Econômica d Social do Estado do Ceará” foi uma metodologia para avaliar viabilidade econômica de projetos de PPP acompanhada que está em uso no setor de contratos do IPECE na forma de uma rotina computacional. A segunda entrega, também materializada numa rotina computacional, foi uma ampliação do método de avaliação de contratos com a inclusão do conceito de Public Sector Comparator. A terceira entrega também foi uma ampliação do método de avaliação de contratos de PPP incluindo repartição de riscos. Por fim a terceira e última entrega é a verão mais atual do método de avaliação de PPP´s que inclui impactos fiscais de curto e longo prazos.

As entregas do subprojeto "Modelo de Equilíbrio Geral Estocástico Computável Aplicado aos Estado do Ceará - SAMBA + REG" podem ser agrupadas em dois estágios. No primeiro estágio foram entregues, na forma de relatórios e rotinas computacionais, a modelagem matemática para avaliação de choques no modelo SAMBA regionalizado com métodos de calibração, a mesma modelagem utilizando métodos de estimação bayesiana e a primeira fase de transferência de tecnologia

para os técnicos do IPECE na forma de um treinamento cuja evidência é O material contendo a estrutura do curso e apostila disponíveis no relatório técnico entregue à FUNCAP e à SEPLAG. No segundo estágio foi entregue as rotinas para o uso do modelo com estimação bayesiana considerando diferentes setores da economia cearense e a segunda rodada de transferência de tecnologia.

O subprojeto "Condições de Financiamento e Oferta de Saúde Pública no Estado do Ceará: Diagnósticos e Propostas" gerou duas entregas na forma de propostas de reforma. A primeira é uma proposta de reversão do índice de concentração dos repasses à saúde para o estado do Ceará, uma vez que o mesmo subprojeto constatou que os estados mais pobres recebem proporcionalmente menos recursos federais destinado à saúde do que os estados mais ricos. Essa constatação bem como a proposta para revertê-la baseia-se no atual modelo de repasses que tem a renda per capita como um dos parâmetros. Por isso o subprojeto também propõe uma mudança desse mecanismo baseado na renda média. Essas propostas estão documentadas e em posse da FUCAP e da SEPLAG.

As entregas do subprojeto "Espaço Fiscal e Competência no Enfrentamento de Crises dos Municípios do Ceará e Governança dos Projetos do FECOP" são as seguintes. A primeira entrega foi um mapeamento estratégico do estado que identifica e classifica os municípios do Ceará quanto à relação espaço fiscal e sucesso no enfrentamento de crises, especialmente no caso da pandemia do COVID-19. A segunda entrega baseia-se nesse mapeamento e propõe a criação de um fundo emergencial do tipo rainny day, a ser utilizado por municípios em crise fiscal e sem condições para enfrentar crises severas. O terceiro e último produto é uma proposta de governança dos projetos do FECOP baseada num índice de aderência das políticas sociais criado pelos membros do projeto. Todos esses produtos estão devidamente documentados e foram entregues para a FUNCAP e para a SEPLAG.

Os produtos do subprojeto "Centro de Dados e Avaliação de Políticas Públicas – CAPP/IPECE" correspondem a própria missão do CAPP materializada na Portaria Nº 13/2018 que o institui com o propósito de "...desenhar, monitorar e avaliar os programas de políticas públicas na esfera do Governo Estadual." Neste sentido, em todas as suas etapas o subprojeto tem entregue avaliações ex ante, avaliações executivas e avaliações de impacto dos projetos sociais financiados com recursos do FECOP.

Outras Contribuições do Projeto

Os subprojetos geraram inúmeros desdobramentos para além das entregas diretamente relacionadas às demandas da SEPLAG. Entre esses desdobramentos podemos destacar as contribuições para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), para os programas do Plano Plurianual (PPA) do governo do Ceará para o quadriênio 2020-2023 e para a formação de recursos humanos na forma de dissertações, teses e trabalhos de conclusão. Também é importante destacar que alguns dos subprojetos geraram trabalhos acadêmicos publicados em

periódicos nacionais e internacionais bem como receberam prêmios de abrangência regional e nacional [2].

Considerações Finais

O programa cientista chefe da economia surgiu com uma missão bem definida, qual seja, usar princípios e técnicas da ciência econômica para melhorar a alocação dos recursos públicos e a qualidade dos bens e serviços providos pelo estado. Naturalmente essa é uma problemática que se estende para além de governos. Servir à sociedade na promoção de justiça e bem-estar social é uma questão de política de estado. Por essa razão os problemas que são abordados pelo programa são complexos, numerosos e seus efeitos podem se estender por décadas. Os contratos de PPP's duram vinte, trinta anos e se mal estruturados podem consumir recursos públicos sem o devido retorno social e econômico. Uma política de combate à pobreza bem desenhada e bem executada pode mudar a vida dos indivíduos por gerações. Esses são alguns exemplos que mostram a importância de abordar tais problemas com o rigor da ciência.

Existem também os problemas rotineiros que precisam ser abordados com um arcabouço que permita uma resposta rápida e eficaz. Como o governo do estado deve reagir a um aumento da taxa de juros básica pelo governo central? O que dizer de um choque cambial adverso? A administração pública necessita de um aparato que lhe permita ter como responder a essas questões de forma rápida e certeira.

Naturalmente, lidar com problemas tão abrangentes esbarra em inúmeras dificuldades como por exemplo, a burocracia própria das repartições públicas, a falta de informações e o inevitável transbordamento dos problemas abordados para outras secretarias. Este último talvez seja um dos problemas mais difíceis de se enfrentar. Recursos públicos são utilizados para os mais variados problemas econômicos e sociais, mas a questão da eficiência alocativa é sempre a mesma. Recursos destinados à saúde, ao meio ambiente, ao combate à pobreza, a promoção de emprego e renda, a garantia de segurança, à ciência e tecnologia, e a outros tantos setores da sociedade, devem ser escrutinados segundo o crivo da eficiência a la Pareto-Koopmans.

Cabe assim, ao programa cientista chefe da economia, manter sua missão em perspectiva sempre. Noutros termos, a parceria entre a administração pública e a ciência deve ser, também, uma política de estado.

Notas

1. A literatura tem mostrado que a relação entre vulnerabilidade social e produtividade do trabalho é uma via de mão dupla. Veja por exemplo os trabalhos de Azariadis, C. and J. Stachurski (2005), "Poverty traps", in Handbook of Economic Growth, Aghion, P. and S. Durlauf (eds.), Elsevier, Amsterdam, Busso, M., M.V. Fazio and A. Levy (2012), (In)Formal and (Un)Productive: The Productivity Costs of Excessive Informality in Mexico, Inter-American Development Bank, Washington, DC, Busso M., L. Madrigal and C. Pagés (2013), "Productivity and resource misallocation in Latin America", B.E. Journal of Macroeconomics, Vol. 13/1, June, De Gruyter, Berlin, Boston, pp. 1-30, e outros.

2. Os itens relacionados a formação de recursos humanos, publicações acadêmicas e prêmios estão disponíveis para consulta no Anexo I.

Produtividade da Água e Inovação Tecnológica para o Setor Agropecuário do Estado do Ceará

Claudivan Feitosa de Lacerda

Colaborador
Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima

RESUMO

O Programa Cientista Chefe em Agricultura vem sendo desenvolvido no âmbito da Secretaria Executiva do Agronegócio da SEDET (SAN-SEDET), desde outubro de 2020. Inicialmente, buscou-se identificar os problemas relacionados à agricultura, no âmbito da SAN-SEDET, os quais estão relacionados principalmente com a questão hídrica do Estado, a agregação de valor, a geração de renda/emprego e o nível tecnológico dos sistemas de produção. Nesse contexto, o objetivo geral do projeto é buscar a contribuição das instituições de pesquisa para melhorar a eficiência do uso da água e o nível tecnológico dos sistemas de produção, bem como incrementar o valor da produção e a agregação de valor no setor agropecuário. O projeto está inserido no Convênio ADECE-SEDET-FUNCAP e contempla 5 Macroações relacionadas aos seguintes temas: agregação de valor, cultivo protegido, aumento de produtividade, produção sustentável de forragem e uso eficiente da água. As parcerias com o setor produtivo e os esforços das instituições de pesquisa permitiram que as pesquisas alcançassem 40 municípios, nas diferentes microrregiões do Estado do Ceará. Os resultados obtidos (entregas), além de outros estudos em andamento, podem nortear o desenvolvimento ou melhoria de políticas do Estado em diversos temas, tais como: agregação de valor, com obtenção de novos produtos; valorização de produtos regionais, mediante a indicação geográfica; produção de café sombreado no Maciço de Baturité; introdução de novos sistemas de cultivo em ambiente protegido; melhoria da eficiência dos sistemas irrigados e do uso dos recursos forrageiros; ferramentas para melhoria do planejamento alimentar dos rebanhos leiteiros e para melhoria da gestão da água na agricultura; aproveitamento de resíduos da cajucultura para produção de biocarvão; aproveitamento de águas salobras e residuárias na irrigação. Dentre as entregas do primeiro ano destacam-se: processo tecnológico para obtenção do corante da pitaia, com potencial aplicação na indústria; sistema de cultivo protegido de tomate cereja validado para a Serra da Ibiapaba, com rentabilidade e economia de água; modelo de estimativa da produção sustentável de forragem no semiárido, destinado a algumas regiões do estado; modelo para definição de critérios de uso da água de pequenos açudes em sistemas produtivos, com software disponível; e indicadores socioeconômicos para uso eficiente da águas em áreas irrigadas. O Projeto tem também realizado diversas ações de divulgação, incluindo cursos, dias de campo e palestras, e de formação de recursos humanos (graduação e pós-graduação).

Agricultura no Estado do Ceará: Água, Tecnologia e Gestão Pública

A agropecuária é um setor de elevada importância na economia brasileira, apresentando grande relevância na ocupação e geração de renda. As atividades desse setor correspondem à agricultura, pecuária, pesca, aquicultura, extrativa vegetal e florestal. No Ceará, o setor agropecuário é bastante heterogêneo, considerando-se os diferentes tipos de atividades e níveis tecnológicos. O setor sustenta sua importância na economia do Estado pela geração de emprego e renda no campo e por possuir um grande efeito de transbordamento para outras atividades dos demais setores da economia (IPECE, 2017).

O clima exerce papel fundamental no desenvolvimento do setor agropecuário, sendo que a disponibilidade hídrica é o fator que mais impacta a produção vegetal e animal em todo o mundo (ANA/IBGE, 2020; FAO, 2017). No Estado do Ceará mais de 80% dos municípios se encontram sob clima semiárido quente, o qual tem como principais características as secas recorrentes e a variabilidade pluviométrica interanual, que determinam muitas vezes o insucesso dos empreendimentos agrícolas. Na última década (2010 a 2019), por exemplo, o tamanho dos rebanhos e os valores da produção de grãos, da fruticultura e da pesca/aquicultura foram sensivelmente reduzidos pelos baixos índices pluviométricos. Esse fenômeno das secas faz parte da variabilidade natural do clima regional e, de acordo com as projeções de mudanças climáticas, é provável que continue e se intensifique no futuro (IPCC, 2013; MARENGO et al., 2017). Por outro lado, existe baixa variabilidade nos demais elementos meteorológicos, os quais se expressam na baixa amplitude térmica anual, não havendo as limitações do frio para cultivo de plantas, como se verificam em regiões subtropicais e temperadas. Isso permite o desenvolvimento de cultivos agrícolas o ano inteiro, sendo requerido, no entanto, solos compatíveis com as atividades agrícolas e melhoria nos níveis tecnológicos de produção e na eficiência do uso dos recursos naturais.

A produção vegetal é uma atividade de grande importância para o setor agropecuário, tendo influência direta na produção animal e na geração de renda e empregos no meio rural. No Estado do Ceará se destacam a fruticultura, a produção de grãos, a forragem, os produtos hortícolas, dentre outros. Entretanto, para a manutenção de altos rendimentos nos cultivos há necessidade de solos bem desenvolvidos e manejados adequadamente, realização de adubações químicas e orgânicas de acordo com as recomendações técnicas, culturas adaptadas ao clima semiárido tropical e, sobretudo, disponibilidade de água. Sem descartar a importância dos demais, este último aspecto se sobressai, particularmente em regiões semiáridas tropicais, face às elevadas taxas de evapotranspiração dos cultivos. Portanto, para as condições semiáridas a irrigação é um fator decisivo para o sucesso de empreendimentos com produção vegetal (FAO, 2017; NANGIA et al., 2018; SEDET, 2019), sendo requeridos métodos e sistemas de irrigação mais eficientes e cultivos mais responsivos à água e mais rentáveis (FRIZZONE et al., 2021), algo que já vem sendo praticado com sucesso em muitas áreas. Ou seja, o que se busca é a alta produtividade e maiores lucros com menor uso de água, e essa máxima deve ser válida independentemente do tamanho do empreendimento.

Os dados oficiais demonstram que existe cerca de 1,5 milhão de hectares cultivados no Estado do Ceará, sendo que cerca de 95% são com agricultura de sequeiro (dependente da chuva) e 5% com a agricultura irrigada. No entanto, quando se considera o retorno econômico verifica-se que a agricultura irrigada representa cerca de 48% do valor bruto da produção (VBP), enquanto a agricultura de sequeiro representa 52% do VBP. Isso demonstra, primeiramente, a necessidade de melhorar a eficiência da produção de sequeiro, principalmente em termos de produtividade e valor agregado das culturas com maior potencial. Deve-se ressaltar também a importância desses cultivos para a produção de biomassa para alimentação dos rebanhos, em todas as regiões do Estado.

Por outro lado, os dados demonstram de forma clara a importância da agricultura irrigada, a qual alcança quase 50% do VBP da agricultura com aproximadamente 71 mil hectares. Esse maior valor da produção está associado ao cultivo de espécies com maior valor agregado, especialmente a fruticultura. Conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), de 2021, o Ceará se destaca na produção das seguintes fruteiras, com o número entre parênteses representando a posição no ranking nacional: banana (7), maracujá (2), castanha de caju (1), coco (2), melão (2), mamão (3), manga (6), goiaba (6) e abacate (5). Vale salientar que as seis primeiras dessa lista são responsáveis por cerca de 90% do valor bruto da produção da fruticultura, seja pela maior área plantada seja pela maior eficiência produtiva (Figura 1). Há, portanto, necessidade de maior diversificação desse setor, algo que depende, obviamente, de políticas de desenvolvimento e da existência de mercado.

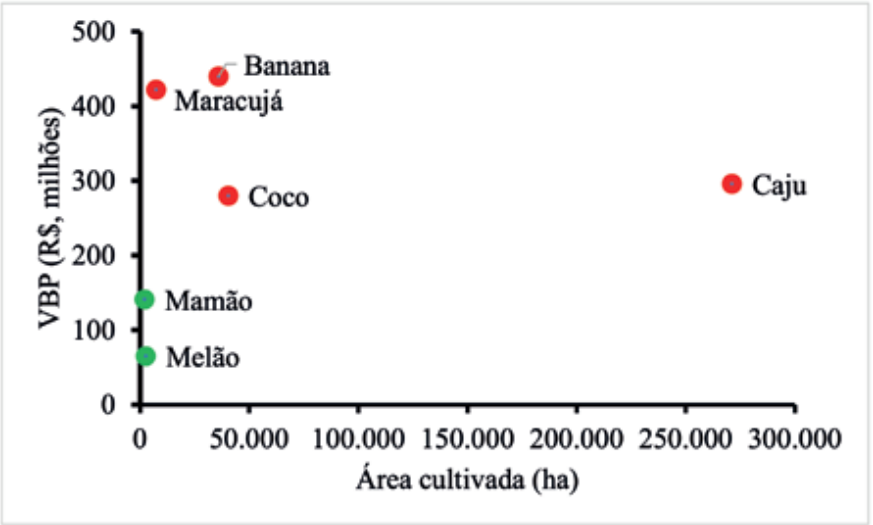


Figura 1: Relação entre área cultivada e valor bruto da produção (VBP) da fruticultura, considerando-se as seis principais fruteiras do Estado do Ceará. Fonte dos dados: IBGE, 2021.

Apesar da eficiência econômica da agricultura irrigada, esse setor tem sido fortemente impactado pela escassez dos recursos hídricos, o que requer ações de gestão que assegurem sua expansão com sustentabilidade. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Ceará pode chegar até a 280 mil hectares irrigados, considerando-se os recursos de solo e água. Porém, a disponibilidade hídrica atual está bem aquém da demanda do setor, havendo necessidade de políticas efetivas para ampliar a oferta de água e melhorar os indicadores sócioeconômicos relacionados ao uso da água na irrigação. Neste sentido, o desenvolvimento dos Planos de Recursos Hídricos das Regiões Hidrográficas do Ceará, Planos de Secas, e o projeto ALOCAR, no âmbito do Cientista Chefe de Recursos Hídricos, podem auxiliar no planejamento futuro do setor de irrigação.

De toda sorte, o uso da irrigação por si só, não será capaz de resolver os problemas da baixa produtividade em muitos cultivos. As preocupações com a qualidade do solo, o padrão tecnológico, assistência técnica continuada e de qualidade e a sustentabilidade econômica e ambiental devem sempre ser considerados em qualquer projeto de desenvolvimento do setor agropecuário. Nesse contexto, projetos de inovação em diversas áreas da produção vegetal e animal devem estar na linha de frente do desenvolvimento do setor agropecuário no Estado do Ceará. Dentre estes, destacam-se: novos sistemas de produção, culturas de maior valor agregado, melhoramento genético vegetal e animal, controle de pragas e doenças, adubação e aproveitamento de resíduos, produção de forragem, conservação da água e do solo, além de vários outros aspectos relacionados à produção vegetal e animal.

Fica claro do exposto a importância do setor agropecuário para o desenvolvimento do Estado do Ceará. Também são evidentes as dificuldades vivenciadas pelo setor, as quais precisam ser enfrentadas com políticas e ações do governo, em parceria com os diversos setores e cadeias produtivas. De fato, o Estado sempre teve papel fundamental no desenvolvimento da agropecuária, atuando em diversas políticas: crédito rural, incentivos fiscais, preço mínimo, segurança hídrica, projetos públicos de irrigação, reforma agrária, políticas de apoio à agricultura familiar, assistência técnica e extensão rural, apoio à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico, dentre muitas outras. Porém, há pulverização e descontinuidade de ações nas diferentes esferas da administração pública, que limitam os resultados alcançados no médio e longo prazo, obviamente com algumas exceções.

Considerando-se as informações acima, fica clara a necessidade de ações de gestão pública, no sentido de reduzir o risco climático, aumentar a eficiência dos sistemas de produção e garantir a sustentabilidade da agricultura, conforme definido no Plano Plurianual (PPA) do Estado do Ceará. Nesse contexto, as ações da Secretaria Executiva do Agronegócio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho do Estado do Ceará (SEDET), a qual está vinculado o Programa Cientista Chefe da Agricultura, se alinham com essas problemáticas, buscando-se avançar nos seguintes aspectos: melhorar os indicadores de eficiência do uso da água na agricultura; ampliar as ações de cultivo protegido; introduzir culturas e sistemas de produção de maior valor agregado; valorizar os produtos regionais; e melhorar o

nível tecnológico dos sistemas de produção. Ressalta-se que há necessidade de integração e parcerias com o Setor Produtivo e com demais integrantes das esferas estadual (Secretaria de Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Ciência e Tecnologia e Secretaria de Recursos Hídricos, incluindo o Programa Cientista Chefe em Recursos Hídricos), federal (DNOCS, BNB, dentre outros) e municipal, com vistas à definição de políticas que garantam o desenvolvimento e a sustentabilidade do Setor Agropecuário no Estado do Ceará.

Objetivos e Estratégias de Ação

O objetivo geral do Cientista Chefe da Agricultura é fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de soluções inovadoras voltadas para o aumento da produtividade da água, agregação de valor e melhoria do nível tecnológico no Setor Agropecuário do Estado do Ceará. Esse objetivo foi delineado após análise das ações da SAN-SEDET e a identificação dos problemas que impactam a agricultura no Estado do Ceará. Para o alcance desse objetivo, algumas características esperadas dos projetos de pesquisa foram também elencadas: equipe com participação de pesquisadores de instituições sediadas no interior do Estado; formação de recursos humanos; parcerias com o setor produtivo, empresas e esferas da administração pública etc; plano de divulgação (vídeos, dias de campo, palestras, redes sociais etc).

As propostas de pesquisa foram elaboradas após diversas reuniões com grupos de pesquisa sediados no Estado do Ceará. Participaram dessas reuniões grupos de pesquisadores da UFC, Embrapa, IFCE, UFCA, UNILAB e UECE. Foram construídos então 5 grandes projetos, definidos como Macroações no âmbito do Convênio ADECE/SEDET/FUNCAP:

1 - Ações inovadoras para agregar valor à agricultura cearense;
2 - Desenvolvimento de novas tecnologias e inovação em cultivo protegido no Estado do Ceará;
3 - Pesquisa e inovação tecnológica para aumento de produtividade em culturas irrigadas e de sequeiro no Estado do Ceará;
4 - Reserva estratégica alimentar de rebanhos no Estado do Ceará: pesquisa e inovação tecnológica na pecuária leiteira;
5 - Eficiência do uso da água na agricultura irrigada do Estado do Ceará.

Os trabalhos de pesquisa incluem pesquisadores de várias instituições sediadas no Estado do Ceará, UFC, IFCE, Embrapa Agroindústria Tropical, UECE, UFCA e UNILAB (ANEXO I), e contam com diversos parceiros locais, nacionais e internacionais: US Salinity Laboratory, Universidade de Potsdam, Embrapa Algodão, Embrapa Rondônia; UFCG, SOHIDRA, ADAGRI, SDA, DNOCS, CPRM, CAGECE, COGERH, FUNCEME, IPECE, SEBRAE, SENAR, Fazenda Frutacor, Grupo Jacaúna, Fazenda Canafístula, ECO Empreendimentos Ambientais Ltda, Agroindústria NATVITA, Empresa Fertsan, AUDIPIMN e outras organizações de produtores, Governos Municipais, dentre outras. O esforço conjunto e o apoio dos bolsistas BIT-FUNCAP permitiram que as pesquisas alcançassem 40 municípios, localizados em diferentes regiões do Estado, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Localização das ações de pesquisa Cientista Chefe da Agricultura, entre 2021 e 2022. Fonte: Elaborada pelos autores.

As 5 Macroações incorporam 28 ações de pesquisa (ANEXO I), a partir das quais são esperadas as seguintes contribuições: incorporação de novas tecnologias e novas culturas agrícolas ao agronegócio Cearense, com agregação de valor às cadeias produtivas selecionadas; teste e divulgação de novas tecnologias e inovações em cultivo protegido para o Estado do Ceará, possibilitando aos agricultores condições mais sustentáveis de emprego e de renda; desenvolvimento de ações de pesquisa visando aumentar a produtividade de novas e tradicionais culturas para o Estado do Ceará, mediante o melhor aproveitamento dos recursos hídricos e o incremento do nível tecnológico dos sistemas de produção; aprimoramento de ferramentas e processos para otimizar o aproveitamento dos recursos hídricos e alimentares destinados à pecuária leiteira do Estado do Ceará; obtenção de indicadores técnicos e socioeconômicos para o incremento da eficiência do uso da água em sistemas irrigados; obtenção de ferramentas tecnológicas para incrementar a produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuária; validação de sistemas de produção e de estruturas para o cultivo protegido; estabelecimento de sistemas de produção voltados para pequenos agricultores com utilização de fontes alternativas de água na irrigação; estabelecimento de unidades de experimentação com espécies florestais nas diversas regiões edafoclimáticas do estado do Ceará; incorporação de sistema de cultivo tecnificado do café no ecossistema do Maciço de Baturité; desenvolvimento de modelo de estimativa da produção de forragem nos polos de produção de leite do Ceará; promoção da agregação de valor por meio de indicação geográfica de produtos cearenses; contribuição com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS (Fome zero e agricultura sustentável) e com o Plano Plurianual (PPA) do governo do Ceará - Desenvolvimento Sustentável do

Agronegócio; geração de conhecimento científico por meio de publicação de artigos em periódicos com elevado fator de impacto; formação de recursos humanos na graduação e na pós-graduação (mestres e doutores).

Resultados Alcançados e em Andamento

As ações de pesquisa foram iniciadas em junho de 2021 e um primeiro balanço de resultados foi apresentado após 12 meses. Destacam-se os resultados voltados para agregação de valor e melhoria na eficiência do uso da água na agricultura, brevemente descritos abaixo:

- Processo tecnológico para obtenção do corante da pitaia definido - O corante vermelho-púrpura microfiltrado de pitaia (CP) é uma mistura de diversos compostos, incluindo carboidratos, flavonóides e betalaínas. O CP mostrou ter estabilidade microbiológica e físico-química ao longo de doze semanas de armazenamento, e as análises quimiométricas distinguiram eficientemente o perfil metabólico em cada período de armazenamento. A análise sensorial revelou que o CP foi útil como corante alimentar em iogurte, onde melhorou a qualidade da cor sem afetar o aroma e outras características. Os resultados demostraram a possibilidade de desenvolvimento e aplicação do CP como corante alimentar natural.

- Biocarvão do bagaço do caju obtido e caracterizado, para uso como condicionador de solo - O bagaço de caju mostrou-se um bom precursor para obtenção de carvões hidrotérmicos e pirolíticos, podendo ser utilizado como fonte de nutrientes e condicionador de solos. Para o carvão pirolítico foi observada baixa quantidade de grupos funcionais superficiais, principalmente quando comparado ao carvão hidrotérmico, contudo foram obtidos bons níveis de recuperação de carbono. Ainda, os materiais apresentaram baixa organização estrutural e baixa área superficial, e são formados por esferas micrométricas de carbono (CHs) ou partículas com irregularidades micrométricas com alguns poros (CPs).

- Indicação geográfica do Queijo Coalho de Jaguaribe-CE submetido ao INPI - O processo foi conduzido com participação de todos os atores da cadeia produtiva do queijo coalho de Jaguaribe-CE. Toda documentação exigida pelo INPI foi devidamente preparada restando apenas protocolos cartoriais e envio para abertura de processo de concessão de indicação geográfica.

- Rede de Agricultores Agroflorestadores formada para produção de café - Foi estabelecida a Rede de Agricultores Agroflorestadores da Região do Maciço de Baturité e foi instalada uma unidade de observação com café canéfora na mesma região. O contato estabelecido com a Rede de Pesquisadores é um ativo que auxilia no processo de compreensão e articulação da Rede de Agroflorestores do Maciço de Baturité.

- Sistema de cultivo protegido de tomate cereja validado para a Serra da Ibiapaba - O sistema de cultivo protegido do tomateiro, do tipo cereja, em vasos contendo substrato de fibra de coco, foi adaptado e validado com sucesso na região da Serra da

Ibiapaba-CE. A produtividade média obtida em dois ciclos de cultivo de 180 dias foi de 83,3 t/ha por ciclo e o cultivo se mostrou economicamente viável, com elevada eficiência no uso da água.

- Modelo de estimativa da produção sustentável de forragem no semiárido - Obteve-se o modelo de estimativa da produção de forragem calibrado para o milho e o sorgo no polo de Sobral e do Baixo Curu, para o capim-basilisk e capim-massai no polo de Fortaleza, para o capim-tanzânia, capim-búffel, capim-corrente, capim-massai e para a palma forrageira cv. Orelha de elefante mexicana e miúda no polo de Jaguaribe e para a palma forrageira cv. Orelha de elefante mexicana no polo do Salgado.

- Modelo para definição de critérios de uso da água de pequenos açudes em sistemas produtivos - O modelo para definição de critérios de uso da água de pequenos açudes para irrigação (NeStRes) foi aprimorado no âmbito do projeto e codificado em linguagem FORTRAN. O software encontra-se disponível, podendo ser utilizado para simulação de pequenos açudes. A partir do estabelecimento do modelo e realização de simulações de mais de 400 açudes no Ceará, propõe-se critérios regionais de uso da água para a irrigação do milho na região de estudo: para reservatórios em condições mais secas, deve-se trabalhar com um consumo específico fixo de água de 4 L/dia por m^3 de capacidade do reservatório, enquanto nas áreas mais úmidas junto ao litoral e em altitudes elevadas, o valor fixo que produz altos rendimentos para a maioria dos reservatórios é de 6 L/dia por m^3 de capacidade do reservatório.

- Mapa com demanda de irrigação suplementar no semiárido cearense – Análise de série histórica de dados de precipitação (1977 a 2010) permitiu estimar que os municípios que necessitaram de maior lâmina de irrigação suplementar para a cultura do milho foram Quixeramobim (257,4 mm), Crateús (237,5 mm) e Tauá (224,6 mm), enquanto Guaramiranga (52,3 mm) e Fortaleza (65,9 mm) apresentam os menores valores. Para a cultura do sorgo, os dados da série histórica mostraram que as cidades de Quixeramobim (261,8 mm), Crateús (235,3 mm) e Tauá (163,1 mm) possuíram maior requerimento de irrigação suplementar. Já as cidades que receberam menor irrigação suplementar foram Guaramiranga (38,1 mm) e Fortaleza (46,26 mm). Ao analisar os diferentes cenários futuros para ambas as culturas, foi observado que as regiões do Sertão Central e Inhamuns foram as com maior requerimento de irrigação suplementar. As regiões com menor demanda seriam Centro Sul, Maciço de Baturité, região metropolitana e zona norte. A partir deste trabalho, o produtor de milho e sorgo deverá se preparar para um cenário em que haverá maior necessidade de irrigação suplementar em cenários futuros, necessitando da adoção de práticas de manejo da irrigação.

- Desenvolvimento de uma proposta de desenho de estrutura de cultivo protegido – Os pesquisadores desenvolveram uma Plataforma em Arduíno para coleta de dados em diferentes ambientes de cultivo protegido. Com isso, foi possível concluir que ambientes protegidos que se utilizam de sombrites e nebulização, porporcionam um conforto térmico às culturas nos horários mais quentes do dia; no entanto, para sua utilização tem que se atentar ao aumento de umidade relativa do ar, que pode

provocar uma maior incidência de patógenos, assim como, verificar na região instalada, se a redução da energia lumisona provocada pela instalação de sombrite não afete negativamente o cultivo. Conclui-se também que, para regiões mais quentes são mais indicadas a utilização de plásticos que possuem filtro de radiação do infravermelho, por manterem a temperatura mais baixa dentro do ambiente protegido nor horários mais quentes.

- Indicadores socioeconômicos para uso eficiente das águas em áreas irrigadas - O desempenho da agricultura irrigada no Baixo Jaguaribe foi analisado utilizando-se um índice de performance baseado em critérios de segurança hídrica, produtiva, econômica e social. De forma geral os resultados indicam a necessidade de redução do volume de água aplicado pela irrigação. Várias culturas com expressivas áreas cultivadas e, portanto, demandando elevados volume de irrigação, como arroz, banana, cana-de-açúcar e coco verde necessitam de intervenções técnicas relativas ao manejo do sistema solo-água-planta visando a melhoria da produtividade com menos água. Em condições de fortes restrições hídricas e grande competição pelo uso da água, como é o caso da bacia do Jaguaribe, sugere-se que sejam dadas prioridades aos cultivos que apresentem índices de desempenho superiores a 0.3, especialmente aqueles que apresentam expressivas áreas irrigadas.

- Desenvolvimento de uma ferramenta computacional para fazer a interlocução com usuários de áreas irrigadas - O software apresentou bons resultados no Baixo Acaraú e no Araras Norte, tanto em campo quanto em laboratório. A apresentação dos resultados aos irrigantes de forma clara e sucinta, facilitou a compreensão destes, obtendo assim melhor compreensão do usuário.

Os resultados contribuem sobremaneira para dois "Objetivos do Desenvolvimento Sustentável", definidos pela Organização das Nações Unidade (ONU), notadamente aquele associado à produção de alimentos e à agricultura sustentável, tema alinhado ao Plano Plurianual do Estado do Ceará (ANEXO II), e geraram publicações científicas qualificadas oriundas de dados de teses e dissertações (ANEXO III). Diversos outros estudos encontram-se em andamento, com destaque para novas culturas com maior valor agregado (como mirtilo e pitaia), avaliação da eficiência de irrigação nos principais Perímetros Irrigados do Estado do Ceará, definição do potencial e aproveitamento de águas salobras e residuárias na agricultura familiar, valorização de produtos regionais, gestão de água e sedimentos de pequenos reservatórios, indicadores de uso eficiente da água, produção sustentável de forragem, dentre outros.

Outras Contribuições do Projeto

Um desdobramento importante foi a aprovação de duas vagas para professores visitantes, que atuarão atrelados às linhas de atuação do projeto, como descrito a seguir: Aprovação de 01 vaga (24 meses) para Professor Visitante Júnior da UFC (Edital 03/2021, PRPPG/UFC) no setor de Estudos: Pegada hídrica e de carbono na agricultura irrigada. Essa vaga é vinculada diretamente ao Meta-Projeto do Cientista Chefe em Agricultura e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/UFC. Aprovação de 01 vaga (12 meses) para Professor Visitante Jovem

Doutor da UFC (Edital 03/2021, PRPPG/UFC) no setor de Estudos: Validação de Cultivares e Estratégias para a Produção de Pitaia na Entressafra. Essa vaga é vinculada ao Meta-Projeto do Cientista Chefe em Agricultura e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia/UFC.

Também se destaca como desdobramento do Projeto, a elaboração e submissão da Proposta do INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (INCTAgriS), em resposta à Chamada lançada pelo CNPq. O INCTAgris propõe executar ações de pesquisa, estabelecer parcerias e promover a divulgação do conhecimento técnico-científico visando o desenvolvimento da agricultura no semiárido brasileiro, com foco na sustentabilidade produtiva, alimentar, social, econômica e ambiental. O INCTAgriS é formado pelo Núcleo Sede (UFC) e 4 Núcleos Associados (UFRPE, UFCG, UFERSA e EMBRAPA), além de vários Núcleos de Cooperação em Pesquisa, nacionais e internacionais. As pesquisas estarão inseridas em três linhas gerais: 1) Agricultura Irrigada Sustentável; 2) Agricultura Biossalina; e 3) Mudanças Climáticas e Manejo dos Recursos Naturais. O Coordenador da Proposta é o professor Claudivan Feitosa de Lacerda, Cientista Chefe em Agricultura (Sedet/Funcap), a qual tem 16 outros pesquisadores que também atuam no Programa Cientista Chefe da Agricultura. O INCT. A Proposta ficou entre as 70 mais bem avaliadas com nota geral 9,4, dentre cerca de 320 inscritas, ficando entre as primeiras classificáveis.

O Programa Cientista Chefe da Agricultura está também contribuindo para a formação de recursos humanos, com envolvimento direto de 40 estudantes de graduação, 20 de mestrado e 17 de doutorado (ANEXO IV). Os estudantes de Pós-Graduação pertencem aos seguintes Programas da Área de Ciências Agrárias: - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (M/D) – UFC; - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (M/D) – UFC; - Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Fitotecnia (M/D) – UFC; - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (M/D) – UFC; - Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis (M) – IFCE; Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Manejo do Solo e da Água (M/D) – UFPI.

A participação dos referidos estudantes em eventos resultou em duas destacadas premiações, conforme descrito a seguir: Prêmio: melhor artigo (Salinidade), no Inovagri Meeting Virtual e XXX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, em 2021, do trabalho "Neves ALR et al. Potencial de poços com águas salobras para produção vegetal e aquícola no seminário cearense". Prêmio: melhor artigo (Irrigação), no Inovagri Meeting Virtual e XXX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2021, do trabalho "Araújo AFB et al. Irrigação suplementar do algodoeiro com água residuária tratada".

O projeto tem contribuído na organização de eventos técnicos e científicos, como o IV Simpósio Brasileiro de Salinidade (2020), Inovagri International Meeting (2021), III Encontro Nacional de Produtores de Pitaia (2021), Fórum Água e Energia (2021), Workshop - Possibilidades de cultivo protegido no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi (2022) e Workshop - Ações e Projetos da Secretaria Executiva do Agronegócio (2022). Também foram realizadas diversas palestras, minicursos, visitas técnicas e dias de campo, além de ampla divulgação nas redes sociais.

Impactos das Pesquisas nas Políticas Públicas

Embora a agropecuária seja uma atividade em grande parte capitaneada pelo setor privado, historicamente o Estado sempre teve papel fundamental no seu desenvolvimento, atuando em diversas políticas, incluindo o incentivo à pesquisa e inovação. Nesse contexto, a pesquisa agronômica é uma aliada dos governos, no sentido de orientar as ações e melhorar as políticas para tornar o setor mais competitivo. É também papel da pesquisa propor soluções que podem aumentar a produtividade no campo e melhorar a eficiência do uso dos recursos (água, solo, fertilizantes etc.), com base nos conhecimentos e tecnologias geradas.

As pesquisas associadas ao Cientista Chefe em Agricultura têm como norte a efetivação da tríplice hélice, envolvendo o setor produtivo, o governo e a academia, como forma de facilitar a identificação dos problemas e buscar soluções para os mesmos. Nesse sentido, buscou-se no âmbito do Convênio (ADECE/FUNCAP/SEDET), parcerias com prefeituras, organizações não governamentais, organizações de produtores, empresas e órgãos públicos. Isso permitiu realizar estudos em todas as microrregiões do estado, alguns de caráter bem abrangente.

Os resultados obtidos nas diferentes ações de pesquisa (ANEXO I) contribuem para o Plano Plurianual (PPA) do Estado do Ceará, desenvolvimento sustentável do agronegócio cearense (ANEXO II), e nortear o desenvolvimento ou melhoria de políticas do Estado em diversos temas, tais como: agregação de valor, com obtenção de novos produtos; valorização de produtos regionais, mediante a indicação geográfica; produção de café sombreado no Maciço de Baturité; introdução de novos sistemas de cultivo em ambiente protegido; melhoria da eficiência dos sistemas irrigados; Melhoria da eficiência do uso dos recursos forrageiros; ferramentas para melhoria do planejamento alimentar dos rebanhos leiteiros; ferramentas para melhoria da gestão da água na agricultura; aproveitamento de resíduos da cajucultura para produção de biocarvão; aproveitamento de águas salobras e residuárias na irrigação.

A inserção do Programa Cientista Chefe no âmbito das ações da SDE é um aspecto importante, pois aproxima as instituições envolvidas na pesquisa das decisões do Estado, o que favorece a aplicação dos resultados obtidos para a promoção do desenvolvimento do setor Agropecuário. No entanto, essa aproximação precisa ser fortalecida, com participação de diferentes segmentos do setor produtivo, da pesquisa e da assistência técnica e extensão rural, no sentido de potencializar o aproveitamento dos resultados na formulação de propostas que impactarão positivamente na melhoria das políticas públicas e no desenvolvimento do Setor Agropecuário no Estado do Ceará.

Referências bibliográficas

ANA/IBGE – Agência Nacional de Águas/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017). Brasília: ANA, 2020.

ARAUJO, A.F.B.; LACERDA, C.F.; CAVALCANTE, E.S.; SALES, J.R.S.; COSTA, R.N.T.; LOPES, F.B. Irrigação suplementar do algodoeiro com água residuária tratada: análises biométricas e produção de biomassa. In: Anais do Inovagri International Meeting/ XXX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza: Inovagri, 2021.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Land use indicators. 2017. Disnonível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EL/visualize>. Acesso em: Março de 2022.

Frizzone, J. A.; Lima, S. C. R. V.; Lacerda, C. F.; Mateos, L. Socio-economic indexes for water use in irrigation in a representative basin of the tropical semiarid region. Water. 13, 1-21, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Culturas temporárias e permanentes. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/14/10193. Acesso em: Novembro de 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013: the physical science basis. Cambridge: University Press, 2013. 1535 p.

IPECE- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Indicadores Econômicos do Ceará 2017. IPECE: Fortaleza, 107p, 2017

Marengo, J.A.; Torres, R.R.; Alves, L.M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. Theoretical and Applied Climatology, v.129, p.1189–1200, 2017.

Nangia V, Oweis T, Kemeze FH, Schnetzer J. Supplemental irrigation: A promising climate-smart practice for dryland agriculture. Climate-Smart Agriculture Practice Brief. Wageningen, Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 2018.

NEVES, A.L.R.; LESSA, C.I.N.; LACERDA, C.F.; COSTA, C.A.G.; CAVALCANTE, E.S.; SILVA, A.O. Potencial de poços com águas salobras para produção vegetal e aquícola no semiárido cearense. In: Anais de Inovagri International Meeting/ XXX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza: Inovagri, 2021.

SEDET – Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho. Acesso à informação – Perguntas frequentes. 2019. Disponível em:<https://www.sedet.ce.gov.br/acesso-a-informacao/>. Acesso em: Abril 2020.

Gestão das Contas Públicas do Governo do Estado do Ceará

Paulo Rogério Faustino Matos

Colaboradores
Raimir Holanda Filho
Jaime de Jesus Filho
Sarah Mesquita Lima
Magno Prudêncio de Almeida Filho
Sérgio César de Paula Cardoso
José Belo Aragão Júnior
Matheus Linhares Ferreira Gomes

RESUMO

Os Tribunais de Contas, enquanto atores políticos e sociais, podem auxiliar no resgate da saúde financeira pública e do equilíbrio fiscal sustentável de seus jurisdicionados. Dessa forma, a eficácia institucional está diretamente relacionada à reformulação do modelo de controle externo, que deve passar a se preocupar, não apenas com a atuação a posteriori, mas também adotar regime de cooperação com os demais atores democráticos para se alcançar os objetivos da boa gestão dos recursos públicos. Assim, o Projeto "Monitor Fiscal TCE/CE" foi delineado com a finalidade de aperfeiçoar o papel institucional do Tribunal de Contas do Estado do Ceará, com maior respaldo para atuar preventivamente, por meio da emissão de alertas pedagógicos, e auxiliar Estados e Municípios em seus planejamentos e execuções. Como resultados do último ano de projeto (2022-2023) podem ser listados a elaboração de Cartas e Boletins de Conjuntura Macrofiscal, Relatórios de Monitoramento Fiscal, Notas Técnicas, quatro Ferramentas de Gestão, além de orientações de mestrado e doutorado na área de finanças. Como desdobramentos das ações dos projetos, podem ser citados ainda a parceria com o Instituto Rui Barbosa e o INCT Desenvolvimento Regional/CNPq, além das publicações e premiações decorrentes destas.

Introdução

Em conformidade com a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CF/1988), e posteriores emendas constitucionais, entende-se haver um pacto federativo nacional vigente complexo, o qual prevê um vetor crescente de atribuições a serem realizadas pelos governos locais, estaduais e municipais, a partir de receitas próprias ou advindas de transferências constitucionais. Esse arcabouço regulatório que disciplina, determina e restringe a atuação econômica dos governos dos entes federativos subnacionais antecede a recente crise fiscal no país que se iniciou em 2015.

O cenário descrito sugere ser oportuna a atuação preventiva dos Tribunais de Contas enquanto atores políticos e sociais que podem auxiliar no resgate da saúde financeira pública e do equilíbrio fiscal sustentável. Dessa forma, a eficácia institucional está diretamente relacionada à reformulação do modelo de controle externo, que deve passar a se preocupar, não apenas com a atuação a posteriori, mas também adotará regime de cooperação com os demais atores democráticos para se alcançar os objetivos da boa gestão dos recursos públicos.

Considerando a perspectiva de cooperação entre o TCE, gestores e cidadãos, bem como identificado o aparato institucional dos Tribunais de Contas quanto à estrutura, corpo técnico, investimentos em recursos tecnológicos, desenvolvimento de programas de disseminação de boas práticas e cursos que almejam a qualificação e formação de gestores e agentes públicos, foi pensado o Projeto "Monitor Fiscal TCE/CE". Trata-se de projeto com potencial para aperfeiçoar o papel institucional dos Tribunais de Contas, com maior respaldo para atuar preventivamente, por meio da emissão de alertas pedagógicos, e auxiliar Estados e Municípios a detectarem possíveis inconsistências nos gastos públicos, especialmente quanto ao alcance dos limites fiscais, e, assim, aprimorarem a gestão das suas contas, em concomitância com as diretrizes da Lei de Responsabilidade Fiscal.

Destaca-se como pontos fortes do Projeto "Monitor Fiscal TCE/CE" a utilização de modelos computacionais descritivos/preditivos com o objetivo de antecipar possíveis deteriorações nas contas públicas estaduais e municipais, a partir de técnicas de análise e integração de dados, em bases públicas e/ou custodiadas. Limitações estão associadas à necessidade de dados com maior granularidade, no sentido de uma maior frequência (mensal), segundo uma maior decomposição das rubricas fiscais, e com maior assertividade, em se tratando de dados de governos municipais. Pode-se relacionar as seguintes dificuldades para o desenvolvimento do projeto: capacidade limitada de produção acadêmica em periódicos internacionais em finanças públicas aplicadas, por não parecer haver interesse da academia no estudo de fenômenos fiscais e macroeconômicos de estados de países emergentes.

Objetivos do Projeto

Este projeto tem como objetivo geral potencializar os mecanismos e a capacidade de análise e projeção de dados das contas públicas estaduais e municipais do TCE/CE, mediante:

- a elaboração de um vetor de documentos;
- a disponibilização de dados das contas públicas estaduais e municipais via dashboards referencial em finanças públicas no país; e
- o desenvolvimento de novas ferramentas de sistematização.

A partir de técnicas de análise e integração de dados, em bases públicas e/ou custodiadas, com a utilização de modelos computacionais descritivos/preditivos permitiu-se criar ferramentas de antecipação de possíveis deteriorações nas contas públicas estaduais e municipais.

Outros objetivos podem ser citados. São eles:

- Observar normas nacionais e internacionais relacionadas ao objeto do trabalho;
- Fortalecer a cultura de análise de dados fiscais;
- Estimular a participação dos servidores;
- Estimular as unidades técnicas a conhecer mais profundamente seu universo de controle;
- Desenvolver ferramentas de fácil compreensão e aplicação por todas as unidades;
- Responder positivamente à pergunta: pode o TCE/CE antecipar deterioração nas contas públicas?
- Proporcionar uma atuação metodologicamente mais uniforme dos Tribunais de Contas em todo o território nacional, observadas as particularidades de suas unidades técnicas;
- Desenvolver processos de trabalho que agregam valor à atuação do Tribunal de Contas.

Principais Resultados

A seguir, apresenta-se um resumo das atividades realizadas e as respectivas entregas.

Produto 1: Cartas de conjuntura Macrofiscal (sem frequência exata), pois são feitas sob demanda de assuntos momentâneos importantes. Esse instrumento didático e objetivo está disponibilizado no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/, assim como em matérias de jornais locais.

Produto 2: Seis (06) Boletins de Conjuntura Macrofiscal com frequência bimestral (entregues nos meses pares). A cada bimestre, este instrumento mostra e analisa os

números mais atuais das finanças públicas estaduais. Os dados usados são extraídos do Relatório Resumido de Execução Orçamentária (RREO) do Governo do Estado do Ceará mais recente. As principais séries de receita, despesa, dívida e previdência são apresentadas e monitoradas, e suas respectivas variações são discutidas. Esse instrumento está disponibilizado no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/.

Produto 3: Três (03) Relatórios de Monitoramento Fiscal com frequência quadrimestral (entregues nos meses de junho/22, outubro/22 e fevereiro/23). A cada quadrimestre, a partir do RREO e dos Relatórios de Gestão Fiscal (RGF) mais recentes, as principais séries de receita, despesa, dívida e previdência são apresentadas e monitoradas com através de uma discussão. Esse instrumento está disponibilizado no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/.

Produto 04: Quatro (04) Notas Técnicas. Essas Notas foram elaboradas visando realizar uma revisão da literatura relacionada, de forma que se possa fundamentar o desenvolvimento de ferramentas institucionais de gestão pública. Referidas notas estão disponibilizadas no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/.

Produto 5: Orientações de mestrado e doutorado na área de finanças públicas. As agendas de pesquisa desenvolvidas pelos componentes deste projeto estão alinhadas, de forma que estes possam orientar trabalhos de conclusão e pós-graduação nos respectivos cursos onde lecionam. A lista das orientações relacionadas ao projeto, bem como o link para acesso para o programa de pós-graduação relacionado está disponibilizado no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/.

Produto 6: Disponibilização de Informações estratégicas sistematizadas, integradas e online (alertas, painéis, relatórios). Os dashboards já desenvolvidos via SAS, e atualizados bimestralmente a partir de dados oficiais do Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI) oferecem informações acerca de dados de despesa pública, receita pública e dívida pública estadual e municipal, expostas de maneira clara e facilmente acessível. Esse instrumento está disponibilizado no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/.

Produto 7: Quatro (04) Ferramentas de Gestão. A partir das Notas Técnicas elaboradas (produto 4), foram desenvolvidas 4 ferramentas institucionais de gestão pública, as quais estão detalhadas no item 4.2 deste artigo "Políticas Públicas". Estas ferramentas estão disponibilizadas no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/ - acesso em 15 de dezembro de 2022 e/ou a disposição dos técnicos do Tribunal de Contas do Estado do Ceará.

Outras Contribuições do Projeto

Desdobramentos
1) Auxílio tecnológico e partilha dos conhecimentos na elaboração do dashboard de dados fiscais de todos os governos estaduais do Monitor Nacional elaborado pelo Instituto Rui Barbosa, IRB, associado aos órgãos de controle externo em todo o país.
2) Auxílio tecnológico e partilha dos conhecimentos na implementação das ferramentas de gestão (observatório da previdência, Micromethod, previsão do ICMS e SPID) para todos os governos estaduais da região Nordeste no Projeto INCT/CNPq Desenvolvimento Regional.

Políticas Públicas
A partir das Notas Técnicas elaboradas (produto 4), serão desenvolvidas 4 ferramentas institucionais de gestão pública, a serem disponibilizadas no site do projeto https://monitorfiscal.tce.ce.gov.br/. A seguir, uma breve descrição de cada uma dessas 4 ferramentas.

Ferramenta 1) Observatório dos RPPS do Estado do Ceará: Painel voltado para monitorar os principais indicadores dos mais de 60 Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) dos municípios do Estado do Ceará. Os indicadores mostram a situação previdenciária dos municípios cearenses que possuem RPPS, com ênfase no impacto do financiamento da previdência de seus servidores em suas contas públicas. A ferramenta apresenta, para cada município, a evolução das receitas e despesas previdenciárias, do patrimônio do RPPS, das provisões matemáticas (obrigações previdenciárias futuras líquidas a valor presente) e, ainda, a evolução da situação atuarial. A evolução do gasto do município com o financiamento da previdência de seus servidores pode ser comparada com a evolução de sua Receita Corrente Líquida (RCL) no mesmo período. Além da comparação ao longo do tempo, os indicadores podem ser confrontados com indicadores de grupos de municípios cearenses de mesmo porte. As informações podem ser mostradas em gráficos e tabelas, podendo ser exportadas em planilha eletrônica.

Ferramenta 2) Micromethod: a malha fina dos gastos públicos: Ferramenta que produz informações com a finalidade de melhorar o controle e promover monitoramento das ações que geram despesa do Governo do Estado do Ceará/dos municípios do Estado do Ceará. O Micromethod também pode ser usado como ferramenta de informação aos gestores sobre indicadores gerenciais relativos à realização de gastos públicos, de modo a permitir análises comparativas, subsidiando a tomada de decisões para melhoria da aplicação dos recursos públicos. Referida metodologia, além da produção de informações relevantes, pode disponibilizar indicadores gerenciais e de identificação de situações atípicas, por meio de outliers, ocorridas na execução dos gastos públicos em áreas sensíveis da administração pública. Assim, o Micromethod foi desenvolvido por meio de modelos não supervisionados de detecção de anomalia, com a utilização de modelos baseados em distância e densidade para avaliar a correlação de variáveis que tenham potencial de identificar potenciais fraudes.

Como benefícios da ferramenta, listam-se antecipar situações críticas para encaminhamento preventivo de soluções; fornecer informação útil para identificação de focos pontuais para o processo de controle; e potencializar a velocidade e a precisão nas tomadas de decisões estratégicas.

Com a inclusão de outros dados e informações podem a acurácia do modelo pode ser aprimorada.

Ferramenta 3) Modelo preditivo de PIB e ICMS: Uma boa previsão da arrecadação estadual é uma condição necessária para um bom planejamento orçamentário e fiscal. Estados que conseguem se antecipar com respeito a receita disponível podem criar políticas mais focadas no realismo fiscal, evitando situações adversas como crises nacionais e internacionais. Porém, realizar tal previsão não é uma tarefa fácil, especialmente, no nível subnacional. Estados possuem menos informações coletadas do que a federação e são suscetíveis a diversos choques internos que afetam a arrecadação. Portanto, dois produtos que foram desenvolvidos e implementados neste segundo ano de projeto, foram elas: 1 - modelo de previsão para a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) estadual; e 2 – modelo previsão para a receita estadual do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Para superar as dificuldades ligadas à previsão, foram utilizadas técnicas avançadas de machine learning e modelos de fatores. O foco principal do exercício de previsão será sobre o ICMS. O principal motivo é que este componente da arrecadação corresponde a mais de 95% do total de impostos arrecadados no estado. Outros tributos além de terem uma participação menor, são menos sujeitos a variações na atividade econômica.

Para a estimação do modelo, o PIB do Ceará é a variável dependente e as variáveis explicativas são o PIB do Ceará defasado um trimestre, o PIB do Brasil e a Produção Industrial do Brasil. Apesar da simplicidade, esse modelo exibe resultados satisfatórios dentro e fora da amostra.

Uma das vantagens dessa configuração é a possibilidade de conjecturar cenários para a evolução das variáveis explicativas do modelo MQO e para as variáveis exógenas do VAR em 2020, e avaliar qual seria o PIB cearense em cada um dos cenários possíveis. Outra vantagem do modelo híbrido é a redução do horizonte de previsão do modelo VAR para apenas quatro trimestres tendo em vista que as projeções do VAR para horizontes de tempo longos tendem a retornar para a média da série. As previsões para a taxa de crescimento da receita de ICMS são realizadas utilizando um modelo de fatores, Fatores Dinâmico Generalizado (GDFM) (introduzido por FORNI et. al. (2000)) que, em geral, apresenta melhor desempenho que modelos de séries de tempo tradicionais. Vale ressaltar que este modelo é superior aos demais tradicionais testados em horizontes de curto e médio prazos de previsão.

Ferramenta 4) Sustainability of public investment and debt (SPID): A relevância do fortalecimento da gestão das finanças públicas por um governo federal ou subnacional não deve ter um propósito em si. Em sociedades cujas condições

socioeconômicas são desfavoráveis, o principal papel de uma política fiscal austera reside em sua capacidade de aumentar a renda per capita e reduzir sua desigualdade. Nesse contexto, toda contribuição no monitoramento das variáveis fiscais é justificável, com destaque para a solvência da dívida pública. Essa característica da dívida, a qual precisa ser entendida de forma idiossincrática e dinâmica para cada ente federativo estadual, é uma condição mínima necessária para que o governo – principalmente em um país de baixa renda e em tempos de crise – seja um provedor robusto de serviços essenciais e consiga manter o fluxo de investimentos públicos. Em relação aos investimentos públicos, os formuladores de políticas devem seguir a literatura sobre os vínculos com o lado econômico, bem como a relação entre investimentos e outras variáveis fiscais. Essa discussão baseada em um vetor de hipóteses que leva em conta a relação entre as variáveis fiscais é essencial dado o propósito de modelar como os investimentos públicos têm reagido para garantir sua sustentabilidade, em resposta às mudanças observadas na dívida (externa e interna) e no caixa, tendo em vista que os impactos macroeconômicos positivos dos investimentos públicos dependem da continuidade, robustez e sustentabilidade do fluxo desse tipo de investimento, que está diretamente relacionado às fontes de financiamento. Assim, a ferramenta intitulada SPID objetivou monitorar frequentemente a relação investimento-dívida-caixa, e sugerir limites de alerta dinâmicos e específicos para a dívida do governo do estado do Ceará.

Utilização das Tecnologias Desenvolvidas na Gestão Pública

A principal inovação tecnológica está associada à disponibilização dos principais dados das contas públicas dos estados e municípios do Brasil inteiro. Atualmente, esses dados encontram-se oficialmente reportados (SICONFI) da Secretaria do Tesouro Nacional (STN). Os dados são informados pelos próprios agentes públicos e são oficiais, no entanto, exigem muito conhecimento para que sejam extraídos, manipulados e manuseados, visando uma análise descritiva final. A extração e visualização desses dados de maneira educativa, objetiva e descomplicada é certamente uma contribuição de valor inestimável. Os dashboards já desenvolvidos no primeiro ano do Monitor Fiscal, atualizados bimestralmente, serão expandidos, com inserção de mais rubricas, sendo uma das contribuições nesse sentido, a extensão intitulada Observatório da previdência, com dados para mais de 60 regimes próprios de previdência social municipais no estado do Ceará.

Considerações Finais

Os governos estaduais – responsáveis pela prestação de diversos serviços obrigatórios – necessitam satisfazer a diversas regras fiscais antigas, rígidas (ou pouco dinâmicas) e comuns a todos os estados, as quais têm forte poder de determinar os padrões de gastos correntes, já caracterizados por uma inércia na sua principal natureza de despesa.

Assim, como anteriormente destacado, os Tribunais de Contas, enquanto atores políticos e sociais, podem auxiliar no resgate da saúde financeira pública e do equilíbrio fiscal sustentável de seus jurisdicionados.

Diante do exposto, o Projeto "Monitor Fiscal TCE/CE" foi delineado com a finalidade de aperfeiçoar o papel institucional do Tribunal de Contas do Estado do Ceará, com o objetivo principal de potencializar os mecanismos e a capacidade de análise e projeção de dados das contas públicas estaduais e municipais do TCE/CE.

Assim, como resultados do último ano de projeto (2022-2023) podem ser listados a elaboração de Cartas e Boletins de Conjuntura Macrofiscal, Relatórios de Monitoramento Fiscal, Notas Técnicas, quatro Ferramentas de Gestão, além de orientações de mestrado e doutorado na área de finanças. Desta forma, conclui-se que o projeto obteve êxito em seus objetivos ao efetivamente criar condições de potencializar os mecanismos e a capacidade de analisar as contas públicas estaduais e municipais dos jurisdicionados do TCE/CE.

Referências:

FORNI, Mario; HALLIN, Marc; LIPPI, Marco; REICHLIN, Lucrezia. The Generalized Dynamic-Factor Model: Identification and Estimation. The Review of Economics and Statistics, v. 82, n. 4, p. 540-554, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1162/0034653005590. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.

O Programa Cientista Chefe da cultura no Estado do Ceará

Custódio Luís Silva de Almeida

RESUMO

O Programa Cientista Chefe da Cultura é uma iniciativa da Secretaria da Cultura do Estado do Ceará, com o objetivo de estabelecer uma equipe permanente de pesquisadores para tratar dos problemas e desafios da gestão pública da Cultura. O programa iniciou-se em junho de 2021 e dois projetos estão sendo executados: 1. Cultura, Inovação e Inclusão Social no Ceará e 2. Tecnologia e Inovação para o Patrimônio Cultural do Ceará. O primeiro tem como objetivo principal promover a Inclusão Social por meio da Cultura. Neste projeto está em produção uma plataforma para a gestão cultural, vinculada a um banco de dados robusto, contendo informações e indicadores relevantes para a gestão; está em elaboração um modelo de financiamento e fomento da cultura e um modelo de avaliação das ações culturais. O segundo projeto, aprovado em abril de 2022, tem como objetivo principal a preservação e a difusão do patrimônio cultural do Ceará. Trata-se da produção de ferramentas digitais, que possibilitarão a visitação virtual interativa, com informações históricas, fotos, mapas, vídeos, e informações de infraestrutura. Neste projeto estão sendo digitalizados equipamentos e acervos.

Introdução

O Programa Cientista Chefe mobiliza a inteligência acadêmica para as aplicações diretas das teorias, metodologias, ferramentas e outros produtos na gestão pública, com notável aproveitamento de tempo e diminuição de distâncias burocráticas. Implantar esse programa no setor cultural significa compreender que a Cultura é campo vasto e fértil para mobilizar pessoas, comunidades, coletivos, grupos; articular programas, projetos e ações de outras áreas da gestão pública, tais como: educação, saúde, infraestrutura, turismo, assistência social, segurança, planejamento e economia; combater a pobreza e as desigualdades a ela correlatas e incluir uma imensa quantidade da população, privada de oportunidades para desenvolver talentos, sonhos e projetos e, por óbvio, privada do consumo de produtos e serviços culturais.

Em janeiro de 2021, logo após a publicação da lei que criou o Programa Cientista Chefe, a Secretaria da Cultura – Secult fez gestão junto à Funcap para a implantação do Programa Cientista Chefe da Cultura. Naquele momento havia 17 programas implantados e já era tempo de implantarmos o 18º, colocando a Cultura no lugar estratégico para o desenvolvimento do estado, como previsto Plano Estadual de Cultura do Ceará.

O passo seguinte foi a elaboração de um primeiro metaprojeto que cumprisse três grandes objetivos estruturantes: 1) trazer inovação e contribuir para a modernização e aperfeiçoamento das políticas públicas de cultura, cumprindo o que determina a lei que criou o programa; 2) ser eixo de sustentação permanente do programa cientista chefe da cultura, possibilitando a criação de outros projetos no futuro e garantindo a continuidade do programa e 3) ser resposta a um grande desafio público no setor cultural: a inclusão social; desafio esse, aliás, inerente a todas as áreas de gestão pública, tamanha a desigualdade social em nosso país.

O que justifica um Programa Cientista Chefe na Cultura é a carência de um fluxo institucional de pesquisa e inovação, baseado na identificação de problemas e soluções, instalando coleta contínua e sistemática de dados, organização e crítica das informações, e produção de indicadores para a área da Cultura no Ceará, com embasamento teórico-metodológico, testado em aplicações concretas na realidade social, por meio de intervenções junto a grupos, comunidades, associações, cooperativas e coletivos.

A aprovação e implementação do Programa Cientista Chefe da Cultura é um enorme ganho político, pois a Cultura passa a ser compreendida como um eixo estruturante da sociedade. Merece registro o fato recente de que a Cultura é parte estruturante do Plano do Governo do Ceará denominado "Os 7 Cearás", e nele assume um relevante papel estratégico como vetor de desenvolvimento econômico, social e humano. O Plano Estadual de Cultura é um marco legal (lei nº 16.026, de 1º de junho de 2016) instituído com uma agenda ousada de metas e ações voltadas para o fortalecimento institucional da política cultural, com vistas ao incremento da democratização do acesso aos bens e serviços culturais; preservação e difusão do patrimônio cultural

material e imaterial do Ceará; fomento do desenvolvimento das artes cearenses; desenvolvimento de formação em arte e cultura; ampliação dos investimentos nos recursos da gestão cultural estadual; inserção da Economia da Cultura de modo fundamental no desenvolvimento do Estado do Ceará e Inclusão Social. No plano Os 7 Cearás, destaca-se, também, o papel do fortalecimento institucional da política cultural, passando por uma agenda de revisão da legislação vigente e a criação de novos marcos legais, com o compromisso de afirmarmos a construção de uma política de Estado para o campo das artes e da cultura.

Objetivos Principais

Conforme já mencionado, o Programa Cientista Chefe da Cultura está desenvolvendo dois Projetos: 1. Cultura, Inovação e Inclusão Social no Ceará e 2. Tecnologia e Inovação para o Patrimônio Cultural do Ceará.

O primeiro projeto, aprovado em junho de 2021, tem como objetivo principal a Inclusão Social por meio da cultura, entrecruzando experiências inovadoras e exitosas de gestão cultural, no Ceará, no Brasil e no mundo, através de intervenções e aplicações junto às comunidades, coletivos e grupos, concebendo um "modelo" de gestão cultural embasado em teorias e metodologias que referenciam a cultura como dimensão humana de imenso potencial inclusivo, criativo, educativo e emancipador, capaz de combater a pobreza, as desigualdades sociais e a violência.

O segundo projeto, aprovado em abril de 2022, tem como objetivo principal a preservação e a difusão do patrimônio cultural do Ceará, por meio do desenvolvimento da plataforma Fortaleza Cultural. Trata-se de ferramentas digitais de apoio à cultura, com possibilidade de visitação virtual interativa, de acesso público, com informações históricas, fotos, mapas, vídeos, e informações de infraestrutura turística (de hospedagem e alimentação, artesanato e Guias Turísticos e eventos locais) – que integre os equipamentos culturais, articulados aos aspectos da história de Fortaleza.

A Pesquisa em Andamento

Estamos fazendo um diagnóstico da situação da cultura nas diversas regiões, para isso, está em curso o mapeando o "ecossistema cultural" institucional do Ceará (equipamentos, programas, projetos e ações culturais), considerando os diferentes entes da administração pública do estado para incrementar, dar visibilidade e potencializar fazeres e intercâmbios de experiências, e identificar suas lacunas e capacidades de integração e inclusão social; mais exigente ainda é mapear o "ecossistema cultural" de base comunitária do Ceará (projetos, iniciativas, agenciamentos, redes e ações culturais existentes nos diferentes grupos, coletivos, comunidades), considerando a diversidade étnica, racial, de gênero, sexual, etária, regional etc. para incrementar o mapeamento já existente (com referência na Inclusão Social), gerando novas informações e outros dados e indicadores que possibilitem identificar saberes e ensinamentos que permitam desenhar coletivamente o modelo de intervenção que este projeto se propõe a desenvolver.

Todas as informações levantadas estão sendo analisadas, com indicadores bem definidos, e serão disponibilizadas para uso da gestão pública. Desse modo, o projeto também cumprirá o objetivo de criar um modelo inovador de intervenção da gestão pública, por meio de ações focadas concomitantemente no fomento à cultura, na prevenção da exclusão e no resgate de segmentos da população em situação de vulnerabilidade social ao integrar ações já existentes no governo do Ceará e na sociedade civil, a partir dos mapeamentos e posterior desenvolvimento de um modelo conceitual e operacional que servirá de base para a intervenção da administração pública.

A complexidade da proposta exigiu a constituição de uma equipe multi e interdisciplinar de pesquisadores, capaz de conceber múltiplos e diferentes aspectos da realidade social. O desafio é imenso, pois as respostas solicitam a utilização do que há de mais especializado em cada área envolvida e, ao mesmo tempo, o deslocamento das especialidades para o campo comum dos problemas e das questões que estão sendo focados: as diferenças precisam convergir para a resolução de problemas complexos. Problemas complexos exigem soluções complexas, e também precisam ser viabilizadas da forma mais simples possível.

Situamos o Programa Cientista Chefe da Cultura na premissa básica de que a Cultura é complexa e de que a complexidade exige pesquisa multi e interdisciplinar para ser compreendida, interpretada e gerida. Entender o conceito de Cultura e como ele se concretiza no Ceará é o nosso ponto de partida para focar no problema principal a ser investigado: a Inclusão Social. Então, é preciso propor respostas para algumas perguntas de base: Que sujeitos e agentes cultuais do Ceará estão alijados dos processos públicos de financiamento, fomento e promoção da cultura? Quem são os marginalizados e invisibilizados? Como gerar políticas públicas de inclusão? Tentar responder essas questões é um desejo dos gestores públicos da cultura estadual e é uma tarefa científica robusta. Aliar esse desejo com essa tarefa é o que define a proposta em andamento.

Principais Resultados

Alguns resultados já foram obtidos, mas estão em fase de crítica e de teste. A equipe executora do Projeto Cultura, Inovação e Inclusão Social no Ceará foi dividida em eixos temáticos e em núcleos, e o Projeto Inovação e Tecnologia para o Patrimônio Cultural do Ceará, atua com duas equipes para duas ações distintas de digitalização e documentação: 1) digitalização e documentação de edifícios e 2) digitalização de acervos. A seguir estão indicados os resultados preliminares:

A – Eixo de Informática
Esse eixo do projeto visa a buscar os meios para instrumentalizar os pesquisadores do projeto com dados, indicadores, visualizações e sínteses georreferenciados acerca das políticas culturais do Estado do Ceará, tendo como principal fonte de informações o sistema Mapa Cultural do Ceará, da Secretaria da Cultura do Estado.

Até o presente momento, os dados do sistema Mapa Cultural do Ceará foram

analisados e compreendidos. Criou-se um Banco de Dados da Cultura que abrange, além dos dados do sistema Mapa Cultural do Ceará, dados de outras fontes, como o IPECE e IBGE, que servem para contextualizar os dados já obtidos e expandir a análise com indicadores socioeconômicos georreferenciados. O Banco de Dados da Cultura contabiliza, até o momento, mais de cem tabelas e mais de seis milhões de registros. O Banco de Dados da Cultura abrange informações do MUNIC 2014, do IBGE, que inclui dados de Estados, Municípios, Órgãos Gestores, Infraestrutura, Recursos Humanos, Políticas Culturais, Legislação Municipal, Instâncias Participativas, Fundo Municipal de Cultura, Meios de Comunicação e Equipamentos, todos esses relacionados especificamente à Cultura. Outra fonte de dados incorporada ao Banco de Dados da Cultura é o conjunto de dados georreferenciados do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), onde se encontram dados de Escolas de Educação Infantil, Escolas Indígenas, Escolas Profissionais, Escolas Públicas, Estimativa Populacional, Indicadores de Extrema Pobreza, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) das edições 2000 e 2010, Limites Municipais, Localidades, Manchas Urbanas, Movimentos Culturais, Patrimônio Cultural, Produto Interno Bruto (PIB), PIB per capita, População, Regiões Metropolitanas, Sedes Distritais, Sedes Municipais, Terras Indígenas, Terras Quilombolas, Unidades Prisionais e Valor Agregado Bruto (VAB) de Serviços. Além disso, dados fornecidos pela Secult CE acerca da aplicação da Lei Aldir Blanc (LAB) no Estado do Ceará foram incorporados ao Banco de Dados da Cultura.

Outro objetivo do eixo é desenvolver um sistema de informações em que análises, indicadores e visualizações desenvolvidos por pesquisadores do projeto ficarão à disposição do corpo gestor da SECULT, que foi denominado provisoriamente de Sistema de Gestão Cultural do Ceará (SIGCult). O sistema SIGCult tem como foco a síntese de dados e a visualização de mapas (georreferenciamento) para subsidiar as decisões de políticas públicas culturais. No presente momento, o sistema está em desenvolvimento, com um conjunto ainda limitado de indicadores e visualizações acerca dos dados presentes no Mapa Cultural do Ceará. A figura abaixo mostra um mockup funcional do sistema SIGCult em implementação.



Figura 1: Exemplo de visualização de dados culturais do sistema SIGCult. Fonte: Captura de tela do sistema desenvolvido pelo Programa Cientista Chefe da Cultura

B – Eixo Financiamento e Fomento da Cultura

Esse eixo é responsável por dois entregáveis (P1 e P2), e tem conseguido avançar de acordo com o planejamento, incluindo também a entrega de alguns produtos que foram se constituindo ao longo do trabalho de pesquisa. Antes de mencioná-los, vale dizer que estamos desenvolvendo o projeto-piloto (P1) voltado para a política de editais da Secult. Atuamos fortemente na qualificação de seis editais da Secretaria da Cultura participando da elaboração inicial dos documentos, aplicando, pela primeira vez no Brasil, um instrumento de análise criado pelo IPEA-DF. Essa ferramenta se chama "INCLUA" e tem como finalidade tornar os documentos públicos mais inclusivos e livres da reprodução de mecanismos de exclusão social. Nosso objetivo é aproveitar esta experiência em parceria com o IPEA e desenvolver um GUIA INCLUA da Cultura, como um subproduto ligado ao primeiro entregável.

Já o entregável P2, que consiste em um estudo diagnóstico e propositivo para o financiamento da cultura, está igualmente em fase de elaboração. Os resultados parciais desta fase da pesquisa foram apresentados em forma de palestra e de artigo na última edição do Encontro de Estudos Multidisciplinares em Cultura (ENECULT), realizado no mês de agosto de 2022 em Salvador – BA. Já definimos a estrutura geral do documento e redigimos um texto-base para cada um de seus capítulos. Ao todo, foram elaborados seis artigos científicos decorrentes das atividades relacionadas aos dois entregáveis mencionados, sendo que dois destes textos foram publicados pelo ENECULT e os demais sairão, no início do próximo ano, em formato de livro.

C – Eixo de Avaliação
O entregável deste eixo – Modelo Complementar e Inovador de Avaliação para Inclusão Cultural –, configura-se, como indica o título, como uma proposta de avaliação complementar àquela, de cunho quantitativo, aplicada pela SECULT a partir da orientação da Secretaria de Planejamento e com base na Gestão para Resultados (GpR). A equipe do Cientista Chefe, em trabalho coordenado com os técnicos da SECULT, desenvolveu um conjunto de instrumentos de pesquisa quanti-quali que vem sendo aplicado para avaliar programas e ações da Secretaria a partir de distintas perspectivas:

1. Do público mais amplo, por meio de survey e etnografia flutuante no Projeto Circula Ceará, que percorre o interior do estado com uma programação artística cultural – nesse caso, o objetivo é avaliar a ação a partir dos participantes das atrações apresentadas, em cada cidade; 2. Do público alvo, por meio de survey aplicado aos ingressantes e egressos dos cursos profissionalizantes da Escola de Gastronomia Social; 3. Das instituições parceiras da SECULT, por meio de survey e entrevistas abertas, feitas com os gestores das instituições selecionadas no edital Escolas Livres; e 4. Dos gestores da Secult, por meio de uma autoavaliação, recorrendo a instrumental elaborado pelo IPEA e testado de forma pioneira a partir do Programa Cientista Chefe da Cultura. O relatório dessas avaliações já foi feito e a equipe responsável por esse entregável continuará aplicando os instrumentais citados e irá elaborar e aplicar novos instrumentos, ampliando inclusive o campo de pesquisa para novos equipamentos e projetos da SECULT.

D – Núcleo Jurídico
No campo jurídico, ações já foram produzidas em duas dimensões: no plano normativo e nos editais. Foram feitos acompanhamentos nas discussões e escrita dos projetos de leis que se tornaram as Leis Estaduais nº 18.012, de 01 de abril de 2022 (Lei orgânica da cultura/Lei do SIEC) e a nº 18.232, de 06 de novembro de 2022 (Código de patrimônio cultural do Ceará). Foram analisados os seguintes editais: XIV Edital cinema e vídeo (revogado TCE em 2019, tendo sido analisadas as decisões do TCE), Edital de apoio a projetos Cultura infância, de 2020 (revogado TCE, que passou pelo mesmo procedimento analítico), Chamamento público para certificação Cultura Viva, de 2019, Pontos de Cultura, de 2017, Edital Ceará de cidadania e diversidade cultural de 2022 e Prêmio cultura indígenas, de 2019. Foram feitas apresentações nos quatro seminários, dois internos e dois externos, sendo um para a equipe da Secult no TJA, em agosto de 2022, e um aberto ao público na EGSIDB em setembro de 2022. Foram acompanhadas as reuniões e discussões sobre a regulamentação da prestação de contas com foco no cumprimento do objeto, junto com a Secult - CE. Foram produzidos dois artigos (com participação no Enecult) e um diagnóstico propositivo, atualmente em fase de conclusão.

E – Núcleo de Indicadores
Neste primeiro ano de execução atuamos em duas frentes: com a Coordenação de Desenvolvimento Institucional e Planejamento (CODIP) e com a rede de equipamentos culturais. Juntamente a CODIP foram trabalhados os dados disponibilizados dos termos de execução dos editais da Lei Aldir Blanc, tornando

possível um tratamento dos dados fornecidos pelos executantes nas prestações de contas, daí foram propostos: indicadores de perfil, localização dos proponentes e projetos, indicadores sobre a inclusão de grupos vulneráveis e minorias, como público ou executor das ações, e de participantes dos projetos, indicadores sobre campo do projeto (artes cênicas, música, dança etc.) e envolvimento com a cultura local. Para além da descrição das variáveis foi proposto análise cruzada e teste estatísticos, quando aplicáveis.

Quanto à rede de equipamentos culturais, a atuação se deu no equipamento com maior abertura para interação, a Escola de Gastronomia Social Ivens Dias Branco (EGSIDB), onde foram desenvolvidos, juntamente com a equipe do equipamento, duas propostas avaliativas: uma primeira sobre indicadores "quali-quanti" (escalas de percepção) de impacto e "reverberação" das ações da Escola na vida dos egressos de seus cursos técnico de média duração, acessando alunos que fizeram cursos desde 2019. Uma segunda proposta avaliativa foi trabalhada com a perspectiva mais responsiva, avaliando qualitativamente o impacto dos projetos do Laboratório de Criação de Gastronomia Social. Especificamente na avaliação dos egressos dos cursos técnicos foi possível levantar dados para indicadores como: localização/origem dos egressos, atuação e empregabilidade na área após o curso, e reverberação de sua formação da EGSIDB nos seus meios sociais (família e sociedade).

F – Projeto Tecnologia e Inovação para o Patrimônio Cultural do Ceará
No segundo projeto, intitulado Tecnologia e Inovação para o Patrimônio Cultural do Ceará, uma equipe está trabalhando com a digitalização de edifícios e suas respectivas documentações (mapas, fotos, vídeos, relatório de materiais utilizados na construção, etc.); nesta linha, três importantes equipamentos culturais já foram digitalizados: Teatro José de Alencar, Museu da Imagem e do Som e Biblioteca Pública Estadual, e o trabalho continuará com a digitalização de mais quatro outros edifícios: Cine Teatro São Luiz, Centro Dragão do Mar, Sobrado José Lourenço, Escola de Gastronomia Social. Em paralelo, outra equipe está atuando na digitalização de acervos, e está em curso a digitalização de acervo selecionados da Biblioteca Pública Estadual, e em breve será entregue à Secretaria da Cultura para disponibilização ao público.

Considerações Finais

O modelo de operacionalização do Programa Cientista Chefe se dá por meio de Projetos vinculados e acompanhados pela Funcap, com objetivos específicos, prazos determinados e entregas previamente estabelecidas. E é em função dos projetos que as equipes respectivas são formadas para corresponder aos objetivos, prazos e entregas. Esse é um modelo funcional, com referências claras de acompanhamento e controle social e público. E na medida em que as entregas são concluídas, novas demandas podem ser gestadas pelo poder públicos e outros projetos podem ser elaborados para atendê-las, e esse fluxo tende a ser contínuo, construindo parcerias permanentes entre a gestão pública e as instituições de ensino superior.

Os objetivos dos dois projetos em curso no Programa Cientista Chefe da Cultura: o primeiro, que deu origem aos trabalhos, referencia-se no desafio da Inclusão Social por meio da Cultura e intitula-se: Cultura, Inovação e Inclusão Social no Ceará. O segundo tem como objetivo central a preservação e a divulgação do patrimônio cultura do estado por meio da digitalização de equipamento e acervos, e tem como título: Inovação e Tecnologia para o Patrimônio Cultural do Ceará. Os dois projetos têm objetivos claros para os dois primeiros anos, com entregas bem definidas; mas, também tem um grande potencial para desdobrarem-se em novos projetos nos anos subsequentes.

Estamos mapeando o "ecossistema cultural" institucional do Ceará (equipamentos, programas, projetos e ações culturais), considerando os diferentes entes da administração pública do estado para incrementar, dar visibilidade e potencializar fazeres e intercâmbios de experiências, e identificar suas lacunas e capacidades de integração e inclusão social; e também estamos mapeando o "ecossistema cultural" de base comunitária do Ceará (projetos, iniciativas, agenciamentos, redes e ações culturais existentes nos diferentes grupos, coletivos, comunidades), considerando a diversidade étnica, racial, de gênero, sexual, etária, regional etc. Está sendo construída uma Plataforma Cultural, onde os dados e informações gerados serão disponibilizados, a partir de um banco de dados, que utiliza os dispositivos e ferramentas desenvolvidos ou aperfeiçoados para obtenção de parâmetros operacionais, estruturais e potenciais da cultura no Ceará, integrando os dados mapeados. Também está sendo elaborado um Programa de Inovação Sociocultural, com modelo de fomento e financiamento da cultura estadual que habilite grupos, coletivos, comunidades do estado do Ceará na detecção das oportunidades de financiamento nacional e internacional que viabilizem a execução de seus projetos e ações culturais. Além disso, estamos criando um Modelo de Avaliação qualitativa para dados, programas, projetos, editais e ações culturais assistidos e/ou implementados pela Secretaria da Cultura do Ceará.

No Projeto Inovação e Tecnologia para o Patrimônio Cultural do Ceará o foco é a preservação e divulgação do Patrimônio Cultural do estado. Nesse sentido, está sendo desenvolvida a plataforma denominada Fortaleza Cultural, que oferece ferramentas digitais de apoio à cultura, com possibilidade de visitação virtual interativa, de acesso público, aos equipamentos culturais e aos acervos digitalizados com informações históricas e técnicas, fotos, mapas.

Vale registrar, por fim, que o Programa Cientista Chefe da Cultura introduziu um ingrediente novo: a inovação social, já que o seu principal objetivo a inclusão social de indivíduos e coletivos que fazem Cultura, mas estão marginalizados e invisibilizados e, por isso, não tomam parte de qualquer política pública, especialmente as políticas de financiamento; sendo assim, a inovação (social) deve acontecer por meio de processos sociais e de políticas públicas.

Entendemos que a inovação social está associada ao próprio conceito de inclusão social adotado no programa. É preciso ter clareza sobre a compreensão e a perspectiva do olhar lançado sobre a inclusão: ou pensamos na inclusão como um

processo de conquista de autonomia e de autodeterminação por quem está marginalizado e inviabilizado, ou seja, um modo não excludente de inclusão, ou pensamos na inclusão de tipo assistencialista, que é um modo excludente de inclusão. A inclusão não excludente deve permitir que as pessoas e os grupos sociais invisibilizados e excluídos possam representar o mundo como o seu mundo e nos seus próprios termos, pois apenas desse modo serão capazes de transformá-lo de acordo com as suas aspirações. Trata-se de identificar e valorizar aquilo que, muitas vezes, nem sequer figura como conhecimento à luz de modelos de conhecimento dominantes, e agir para mudar as políticas submetidas a modelos elitistas hegemônicos, assim como propor alternativas aos conhecimentos que as sustentam.

Ciência de Dados e Inteligência Artificial Aplicadas à Administração Tributária do Município de Fortaleza

Vládia Célia Monteiro Pinheiro

Colaboradores
Lara Sucupira Furtado
Wellington Franco da Silva
Cecília Silvestre Carvalho
Elioenai Lincon Alves
Fábio José Sousa
Luis Zairo Viana

RESUMO

A Secretaria Municipal das Finanças (SEFIN), órgão da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), vem realizando ações e programas para diminuir a perda de receitas tributárias de seus impostos próprios - ISSQN (Imposto sobre Serviços), IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) e ITBI (Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis). No entanto, a dinamicidade e volume dos negócios entre prestadores e tomadores de serviços, o crescimento e as especificidades do cadastro imobiliário trazem dificuldades e desafios para a administração tributária, não sendo mais possível prescindir do uso das tecnologias de Ciência de Dados (CD) e Inteligência Artificial (IA). Tais tecnologias vêm auxiliar na alocação de recursos, contribuindo para uma maior eficiência nas auditorias e no controle tributário, apoiando o processo de previsão e inferência de novos casos, não somente para detectar indícios de fraude fiscal, mas também para tornar socialmente mais justo o lançamento dos impostos. Em linhas gerais, o objetivo do projeto é realizar análise de dados e aplicar técnicas CD e IA nas bases de dados fiscais, tributários, imobiliários, contábeis e socioeconômicos da SEFIN e de seus conveniados, combinando com as informações sobre as empresas e contribuintes em redes sociais, nas bases georreferenciadas e em sites na Internet, visando dirimir a evasão de receitas tributárias e promover a justiça e educação fiscal. Ao final, os resultados do programa serão os Produtos Mínimos Viáveis (MVPs) que possibilitarão a SEFIN apreender os requisitos, conjuntos de dados, viabilidade, retorno do investimento e recursos humanos e computacionais necessários para implantação dos modelos tecnológicos desenvolvidos.

Introdução

A Secretaria Municipal das Finanças (SEFIN), órgão da administração direta da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) tem como um de seus objetivos estratégicos melhorar seu desempenho e maturidade na gestão fiscal, especialmente na dimensão de Fiscalização e Inteligência Fiscal, segundo o MD-GEFIS, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Neste sentido, o presente projeto tem como objetivo geral realizar análise de dados e aplicação de técnicas Ciência de Dados (CD), Inteligência Artificial (IA) e Processamento de Linguagem Natural (PLN) nas bases de dados fiscais, tributários, imobiliários, contábeis e socioeconômicos da SEFIN e de seus conveniados (SEFAZ-CE, Receita Federal, ENEL, etc.), além de informações sobre as empresas e contribuintes em redes sociais, bases georreferenciadas e sites na Internet, visando dirimir a evasão de receitas tributárias e promover a justiça e educação fiscal de seus impostos próprios, a saber: ISS (Imposto sobre Serviços), IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) e ITBI (Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis).

O Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN ou, simplesmente, ISS), é tributo de competência municipal, sendo de grande importância econômica no quadro de impostos instituídos no Brasil. No município de Fortaleza, o ISS é o maior tributo próprio em termos de arrecadação, sendo responsável por 45% de suas receitas tributárias próprias, em média, nos últimos três anos. O ISS é um imposto auto-lançável, ou seja, o próprio contribuinte declara o valor de sua receita bruta, calcula o valor do imposto e realiza o pagamento. Ademais, o fato gerador do ISS - o serviço - é volátil e, muitas vezes, se encerra ao fim de sua prestação. Portanto, as atividades de prestação de serviço são mais susceptíveis à evasão fiscal e de difícil verificação a posteriori.

Visando identificar indícios de sonegação de receita do ISS, a área de Planejamento Fiscal desenvolve programas como a análise de devedores contumazes e dos segmentos econômicos mais importantes, utilizando basicamente uma solução própria de Business Intelligence (BI). Os relatórios e análises geradas pela solução de BI agrupa e explora informações a partir dos dados gerados pelos sistemas de informação da SEFIN, e são utilizados para identificar as irregularidades entre a receita declarada pelo contribuinte e o pagamento do imposto, se realizado. Ou seja, a ferramenta de BI possibilita visualizar gráficos e gerar relatórios sobre o que já aconteceu.

No âmbito da tributação imobiliária, relativa aos impostos IPTU e ITBI, há necessidade de se identificar padrões de perfis de contribuintes para a aplicação de políticas tributárias e incentivos mais apropriados a determinados segmentos. Trabalhos anteriores em economia comportamental demonstraram que políticas de tributação adequadas a determinados perfis de contribuintes trazem melhores resultados em termos de arrecadação. Outro problema identificado é a complexidade da fórmula de cálculo do IPTU que se baseia em inúmeros fatores de caracterização interna e externa dos bens imobiliários, os quais não podem ser atualizados em tempo real de modo a refletir a dinamicidade do mercado

imobiliário. Como resultado, o IPTU calculado não reflete um padrão de proporção em relação ao valor de mercado, gerando perdas tributárias e injustiça fiscal. Quanto ao ITBI, a apuração da base de cálculo envolve uma comparação do valor declarado pelo contribuinte e os preços observados no mercado imobiliário para uma grande massa de dados imobiliários.

Diante dos desafios ligados à política fiscal em Fortaleza (a dinamicidade e volatilidade da prestação de serviços, a inconsistência e desatualização dos dados imobiliários etc.), os dados surgem como atributos valiosos para apontar novas soluções e auxiliar na tomada de decisões. A SEFIN possui, além de suas bases internas, acesso a ativos importantes como bases de dados da Receita Federal do Brasil e da Secretaria da Fazenda do Ceará (SEFAZ-CE), como dados de receitas de contribuintes por cartão de crédito e de compras de mercadorias, além de dados de gastos com energia elétrica. A despeito da existência de dados e dos programas atuais, a administração tributária de Fortaleza exige dos auditores da SEFIN uma análise aprofundada que considere a complexidade e os relacionamentos entre as bases de dados e é notório que o corpo de auditores da SEFIN é insuficiente para realizar tais análises, diligências ou auditorias em mais de 200 mil empresas de serviço ativas e 800 mil imóveis em Fortaleza. Assim, qualquer solução deve realizar a previsão de receitas do ISS, estimulando a autorregularização, e promover a progressividade da tributação do IPTU. Para tanto, as tecnologias de Ciência de dados (CD) e Inteligência Artificial (IA), tornam-se fundamentais. Por exemplo, técnicas de mineração de dados podem apontar grupos de imóveis que possuem grande probabilidade de terem seus cadastros incorretos. Essas técnicas podem ser aplicadas tanto na massa de dados existentes, como na inserção de novos dados, de forma a se evitar tributação incorreta.

Não obstante a SEFIN já utilizar modelos preditivos, outras variáveis e técnicas de aprendizado profundo podem ser aplicadas para uma melhor aferição do valor de mercado dos imóveis. Técnicas de detecção de fraude podem ser aplicadas nesse imposto para identificar rompimento da cadeia de transmissão do imóvel sem recolhimento do imposto.

Em suma, os desafios ligados ao ISS dizem respeito a alta taxa de evasão fiscal e a dificuldade de se arbitrar as receitas reais advindas das atividades de prestação de serviços e suas corretas especificidades quanto a alíquotas e deduções permitidas na legislação. Para enfrentar tais problemas, o projeto visa então desenvolver um Modelo de Custos das Empresas Prestadoras de Serviço de Fortaleza, que estime os custos (gastos) de uma empresa típica considerando cinco dimensões: Segmento Econômico, Tempo, Localização Geográfica, Porte ou Tamanho, Receitas e Despesas. Os segmentos econômicos prioritários são: Oficinas, Lavanderias, Hotéis, Escolas, Academias e Salões de Beleza. Com base na relação entre as receitas e despesas de empresas típicas em certo período do tempo, por exemplo, de oficinas, de grande porte, localizadas em determinados bairros, é possível inferir quais empresas diferem do padrão. Por exemplo, podemos identificar que 56 oficinas automobilísticas nos bairros Centro e Meireles realizaram despesas nos meses de Janeiro a Junho/2022, mas não emitiram nenhuma Nota Fiscal de Serviço (NFSe).

Após validação do modelo pelos especialistas da SEFIN, um dos resultados será a geração de notificações para os contribuintes indicando a autorregularização de sua situação fiscal, conforme preconiza a Legislação Tributária Nacional e Municipal (Art. 241, 242 e 253 do Código Tributário Municipal).

Já no âmbito da tributação imobiliária, os desafios envolvem criar e aprimorar modelos preditivos e variáveis para estimar valores de IPTU mais justos e adequados ao valor de mercado dos bens. Diante disto, tem-se objetivos específicos elaborar: (1) Modelos preditivos de avaliação do Valor de Mercado dos imóveis; (2) Modelos de Machine Learning (detecção de anomalias e clusterização) para identificação de erros cadastrais; (3) Modelos de Processamento de Linguagem Natural para correta associação de CEPs aos logradouros, constantes nas bases de dados da SEFIN, e associação de vínculos de empresas a imóveis; (4) Estudo de políticas tributárias progressivas para o IPTU, considerando a seletividade de alíquotas por localização; (5) Modelagem de novas variáveis socioeconômicas para aplicação nos modelos e políticas tributárias.

O projeto encontra-se em sua fase inicial onde foram realizadas a análise das bases de dados à disposição do projeto e experimentos iniciais para validação dos modelos propostos. Os resultados, especialmente do ISS, já indicaram uma lista de 144 empresas atípicas (outliers do modelo preditivo), as quais já podem ser passíveis de diligências e auditorias fiscais. No que concerne à tributação imobiliária, alguns modelos para identificação de erros cadastrais em lote e para predição do valor de mercado foram testados e seus resultados estão sendo avaliados pelos especialistas da SEFIN. Por fim, e não menos importante, os resultados do projeto visam a melhoria dos indicadores de justiça fiscal, entendida como a promoção de justiça por meio de políticas de gastos e de arrecadação tributária, fundamental para melhoria da justiça social.

Trabalhos Relacionados

Os controles tributários envolvem tanto verificações puramente formais, baseadas em dados e elementos que podem ser deduzidos diretamente da declaração fiscal, quanto procedimentos mais complexos. Entre estes últimos, as administrações fiscais realizam (1) verificações dos dados da declaração contra outros dados que permitem presumir a veracidade dos dados declarados (tais como os apresentados por outros contribuintes ou recolhidos por outras autoridades fiscais) e (2) investigações por meio de inspeções, auditorias e solicitações de informações destinadas a detectar evasão ou fraude fiscal.

Tradicionalmente, os controles fiscais adotam uma abordagem a posteriori na forma de auditoria fiscal. Uma pesquisa da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) de 2016 mostrou que muitas administrações fiscais implantam IA para priorizar casos para investigação, auditoria ou outra intervenção de conformidade (OECD, 2016). De acordo com a pesquisa, geralmente, a IA é usada para analisar dados de contribuintes anteriores ou evasores para identificar relacionamentos ocultos ou redes de não conformidade fiscal potencialmente de alto risco.

No cenário internacional, tem-se casos expoentes de uso de IA na administração tributária na Noruega, Irlanda, Holanda, Bélgica e Alemanha. Na Noruega, a Autoridade Tributária Norueguesa usa técnicas de análise de dados e aprendizado de máquina para melhorar a eficiência na seleção dos casos a serem inspecionados e para detectar casos de fraude fiscal (Rubin, 2020). O algoritmo é treinado com dados históricos para prever a possibilidade de não conformidade na declaração de IVA e cada caso recebe uma pontuação que é usada para priorizar os processos de auditoria. Outro exemplo é o caso das administrações fiscais irlandesa e holandesa que experimentaram técnicas não supervisionadas. Essas técnicas representam uma aplicação setorial da análise de cluster mais ampla, por meio da qual é possível identificar grupos de contribuintes que são semelhantes entre si em alguns aspectos significativos e diferentes dos demais grupos identificados. O governo belga implantou um sistema de IA que procura padrões de fraude em residências corporativas. Este tipo de fraude ocorre quando as empresas tentam, enganosamente, colocar sua residência em um país de baixa tributação para evitar o pagamento dos impostos mais altos que sua localização real. Os dados consistem em dois tipos de registros: por um lado, dados estruturados sobre as empresas belgas (setor, cidade etc.), por outro lado, dados transacionais (logs de faturamento) entre empresas belgas e estrangeiras.

Outra aplicação de análise automatizada de detecção de fraude foi apoiada pelo Ministério Federal das Finanças da Alemanha em uma alteração de 2016 da Lei Tributária Alemã (Binder, 2020). A reforma introduziu um "procedimento totalmente automatizado" para a gestão de risco, que permite que a autoridade fiscal alemã detecte casos de risco e, assim, evite a evasão fiscal. O procedimento totalmente automatizado baseia-se nos dados fornecidos pelo contribuinte, nas informações já disponibilizadas ao fisco e nos dados transmitidos por terceiros ao fisco.

No cenário brasileiro, um dos líderes do país em adoção de novas tecnologias aplicadas à administração tributária é o fisco baiano que utiliza IA para prever a arrecadação de ICMS. Algoritmos que aprendem com os dados e tomam decisões inteligentes estão previstos para melhorar a seleção de contribuintes para a fiscalização, assim como para a detecção on-line de fraudes. Os modelos de IA são construídos a partir de um manancial de cerca de cinco bilhões de documentos fiscais eletrônicos armazenados na base de dados da SEFAZ-BA, oriundos dos registros fiscais dos últimos dez anos de atividade econômica na Bahia. Neste projeto, uma das atividades previstas é o estudo de casos e revisão bibliográfica de CD, IA e PLN aplicadas às áreas tributária, fiscal e imobiliária em outros municípios brasileiros, como São Paulo, Salvador e Recife, e a elaboração de um documento técnico com soluções propostas resultantes de estudo de boas práticas.

Especificamente neste projeto, os modelos, técnicas, algoritmos e instrumentos de Ciência de Dados, Inteligência Artificial e Processamento de Linguagem Natural que se pretende aplicar representam o estado da arte em cada área.

Redes Complexas (Barabási, 2003) (Barabási, 2013) (Dorogovtsev & Mendes, 2013) (Newman, 2018) são importantes instrumentos para quantificar as interações entre

empresas, sócios, prestadores de serviços, imóveis etc., enfim, entre os elementos ativos e passivos de eventos que caracterizam fatos geradores de tributos. Essas redes são comumente usadas nas representações de sistemas com um número muito grande de componentes que interagem entre si, geralmente de forma não-linear, permitindo o desenvolvimento de comportamentos emergentes e auto-organizados em escala macroscópica. De maneira geral, redes complexas fazem parte de uma área de pesquisa chamada de Sistemas Complexos (Sayama, 2015). Espera-se, como resultado deste projeto, gerar um modelo de representação em redes das interações entre contribuintes, sócios, contadores, prestadores e tomadores de serviço, proprietários de imóveis, e cadastro imobiliário, as quais ocorrem no município de Fortaleza. Esta rede complexa pode ser continuamente atualizada e prover insumos para a tomada de decisões sobre grupos de empresas e imóveis relacionados.

Especialmente, será necessário construir um modelo de linguagem da área tributária usando modelos de redes neurais artificiais, os chamados Neural Network Language Models (NNLM) (Jing & Xu, 2019). Tradicionalmente, um modelo de linguagem pode ser aprendido a partir de um corpus (conjunto de textos) suficientemente grande e específico de domínio usando um modelo probabilístico. Isso é conhecido como um modelo simbólico de linguagem. Mais recentemente, devido ao avanço do uso das redes neurais artificiais e do aprendizado profundo (Otter et al., 2020) em PLN, considera-se mais promissor o uso de uma abordagem diferente: o modelo de linguagem neural ou conexionista. O modelo conexionista da linguagem argumenta que as unidades da linguagem interagem umas com as outras de maneiras significativas que não são necessariamente codificadas pelo contexto sequencial. Por exemplo, a relação contextual das palavras pode ser sequencial, mas também pode ser separada por outras frases. Para a língua portuguesa em geral, já temos modelos de linguagem robustos como o BERTTimbau (Souza et al., 2020), baseado na rede de transformers BERT (Devlin et al., 2019), que representam o estado da arte em NNLM. Modelos híbridos para o PLN são considerados relevantes porque enriquecem o processo de aprendizagem automática com informações externas apreendidas de bases de conhecimento semântico-lexicais como WordNet (Fellbaum, 2019), de bases de conhecimento de senso comum como ConceptNet (Speer et al., 2017) e InferenceNet (Pinheiro et al., 2010), e de contextos sociais (redes sociais e Internet). Dada a natureza dos dados fiscais, que envolvem proteção e sigilo, e o impacto das decisões na vida financeira e econômica das empresas e da sociedade em geral, modelos híbridos proporcionam maior transparência e responsabilização (Lepri et al., 2021).

Modelo de Custos para Empresas de Serviço de Fortaleza

Visando o arbitramento de receitas de empresas de serviço, conforme previsto no Regulamento do Código Tributário Municipal, foi desenvolvido um Modelo de Custos e Arbitramento de Receitas de empresas de serviço de Fortaleza, ilustrado na Figura 1. Estão previstas 05 (cinco) dimensões para análise e predição de faturamento e custos: Segmento Econômico, Localização Geográfica, Tempo, Porte, Receitas e Despesas.

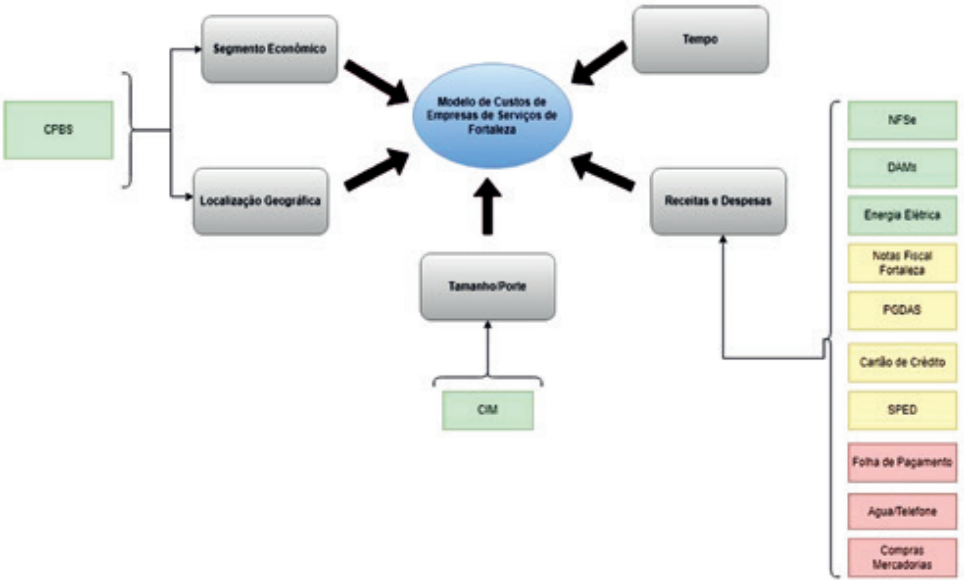


Figura 1: Modelo Conceitual para Arbitramento de Faturamento e Custos das Empresas de Serviço de Fortaleza. Fonte: elaborada pelos autores.

Algumas premissas importantes do modelo são:

- Empresas de um segmento, de mesmo porte, e localizadas em uma mesma região, devem ter mesmo padrão de receitas e despesas em um dado período. Por exemplo, oficinas de grande porte, localizadas no Bairro Aldeota, possuem uma mesma relação entre as receitas e despesas realizadas de Janeiro a Junho de 2022;

- Empresas que não apresentam o comportamento típico de empresas similares são consideradas empresas com indício de sonegação do ISS;
- Futuramente, deve ser possível adicionar, de forma sistematizada, novos tipos de despesas e de faturamento.

Na dimensão Receitas e Despesas, as seguintes informações são previstas no

modelo: faturamento (Escrituração Fiscal, Simples Nacional, Cartão de Crédito, Arbitrado, etc.) e custos (pessoal, impostos, compras, despesas de custeio, etc.), as quais podem ser coletadas das seguintes bases de dados: CPBS – Cadastro de Produtores de Bens e Serviços; CIM – Cadastro Imobiliário Municipal; NFSe – Notas Fiscais de Serviço Eletrônicas; DAM – Documentos de Arrecadação Municipal; Energia Elétrica – gastos das contas de energia elétrica da concessionária; PGDAS – dados do Simples Nacional; Folha de pagamento – dados referente a folha de pagamento de pessoal e impostos relacionados; Água / Comunicação – dados de custeio com água e comunicação (telefonia e Internet); Compras – dados de aquisição de mercadorias.

Para análise de empresas com comportamento atípico (outliers), são aplicadas técnicas tradicionais de exploração e análises estatísticas como Regressão Linear (Wisnowski et al., 2001) e Naradaya-Watson (Gao et al., 2010) e técnicas de visualização da distribuição de dados e outliers como Boxplot (Dovoedo & Chakraborti, 2015). Os experimentos iniciais do modelo foram executados para os seguintes segmentos prioritários, que totalizam 15.898 empresas ativas com faturamento ou custo no período de janeiro a junho de 2022: Oficinas (6.781), Escolas (6.240), Salão de Beleza (2.332), Hotéis (366) e Lavanderia (179). Para definição do porte das empresas foi utilizada a área edificada do imóvel onde a empresa está instalada. A Figura 2 apresenta um gráfico de dispersão em relação ao faturamento e custos de 190 oficinas de grande porte, localizadas no Bairro Aldeota. As empresas atípicas são identificadas por um comitê de algoritmos, sendo atribuída a cada empresa X um grau de confiança calculado por (100%. (p/n)) (p é o número de algoritmos que indicaram a empresa X como outlier, e n é o número de algoritmos em execução no comitê). Por exemplo, na Figura 2, destacam-se duas empresas (circuladas) que tem padrão de custos similar a outras oficinas na Aldeota, mas é perceptível pelo gráfico de dispersão que possuem baixo faturamento em NFSe emitidas.

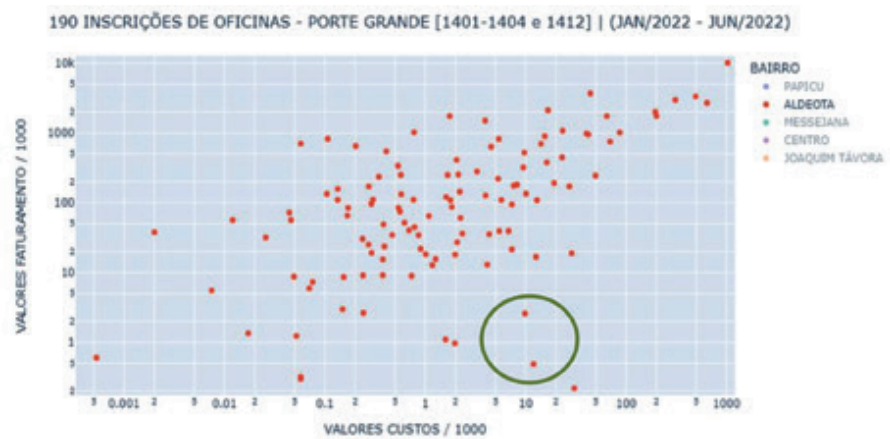


Figura 2: Gráfico de Dispersão de empresas do segmento econômico "Oficina Automobilística", de grande porte, localizadas no bairro Aldeota, em relação ao faturamento e custos realizados de Janeiro a Junho/2022. Fonte: elaborada pelos autores.

Modelo de Tributação Imobiliária para Fortaleza

Os objetivos específicos do projeto para área de tributação imobiliária foram pautados nos seguintes problemas principais: (1) Arrecadação patrimonial baixa frente a outras capitais (Ex. Aracaju, Salvador) e baixa relação IPTU/PIB, cujas causas principais são a desatualização da PGVI (Planta Geral de Valores Imóveis) e fórmula complexa do IPTU (muitos atributos); (2) Tributação errada gera perda de IPTU da ordem de R$ 200 milhões/ano, devido, principalmente, a não adequação da política tributária do IPTU às condições socioeconômicas da população, e a não proporcionalidade entre o valor venal dos imóveis para fins de IPTU e o seu valor de mercado.

Os resultados preliminares que contemplam os objetivos do projeto são descritos a seguir.

Modelos Preditivos de Avaliação do Valor de Mercado dos Imóveis:

Para fins de análise da planta imobiliária de Fortaleza, foram calculados os principais indicadores propostos pela International Association of Assessing Officers (IAAO) em uma base amostral de 186.681 imóveis de Fortaleza (177.022 do tipo predial e 9.659 do tipo territorial), cujos valores de mercado estão atualizados na base do Observatório Imobiliário (OI) da SEFIN. Os indicadores foram calculados considerando a razão entre o valor do m2 do valor venal IPTU (VV) e o valor do m2 do valor de mercado (VM).

Em primeira instância, uma análise do Intervalo Interquartil para detecção de outliers na base de dados dos imóveis revela um total de 9.608 outliers na base predial (5%) e 890 outliers na base de terrenos (9,2%). Ainda, a grande maioria dos imóveis possuem VV menor que VM, o que justifica o fato de o IPTU estar desvalorizado frente ao valor dos bens. O Coeficiente de Dispersão para os imóveis prediais (COD = 34%) revela que o conjunto de imóveis prediais tende a ser mais homogêneo que o de terrenos (COD = 51%), indicando que o valor venal do IPTU dos terrenos está mais desatualizado em relação ao valor de mercado. O Price Related Diferential (PRD) complementa as análises anteriores ao trazer uma medida para identificar em que medida os imóveis com maior valor de mercado pagam mais ou menos IPTU. Os resultados apontaram forte tendência de regressividade, onde imóveis com maior valor de mercado pagam menos IPTU, sendo esta consideravelmente maior para imóveis prediais (PRD = 2.31) do que territoriais (PRD = 1.15). Outra medida, o Price Related Bias (PRB), é interpretado como a mudança esperada na razão VV/VM, à medida que o imóvel dobra de valor. Por exemplo, um PRB de 0.022 significa que a razão irá aumentar em 2.2% sempre que o valor do imóvel dobrar. Calculando o PRB para o conjunto de imóveis prediais, é possível perceber que se o valor dos imóveis dobrar, a razão diminuirá em 23%, pois o PRB foi de -0.2333. Este valor de PRB indica uma desigualdade vertical inaceitável. O valor de PRB para os imóveis territoriais também ficou negativo em -0.0631, mas permaneceu dentro do limite aceitável de desigualdade vertical de -0.10 e 0.10. Por fim, o Root Mean Squared Logarithmic Error (RMSLE) – foi usado para avaliar a

acurácia dos modelos de regressão. Aplicando para os dados de imóveis prediais, obteve-se o RMSLE de 1.6413, indicando que o valor venal previsto pelo modelo está distante do valor de mercado. Para os imóveis territoriais o modelo tem um desempenho ainda pior, com RMSLE = 3.0753

Em suma, tem-se como resultado que o valor venal dos imóveis de Fortaleza, utilizado para cálculo do IPTU, apresenta distorções importantes em relação ao valor de mercado, principalmente para os casos dos imóveis territoriais. Além disso, a tributação do IPTU em Fortaleza é essencialmente regressiva, o que significa que o valor do imposto cobrado para propriedades impacta toda a população da mesma forma, independentemente da renda e do patrimônio, o que é particularmente injusto com famílias de baixa renda.

Outra contribuição do projeto para os modelos de tributação imobiliária de Fortaleza, tem sido a geração de novas variáveis que capturam a proximidade dos imóveis de Fortaleza em relação a pontos notáveis de uma cidade (parques, estações de trem, escolas, hospitais, comércio etc.). Para isto foram usados como base os dados do Open Street Maps (OSM) (Carranza et al., 2022), e dados fornecidos pela SEFIN já em uso para fins de ITBI. Estas variáveis serão usadas nos atuais modelos preditivos de Aprendizado de Máquina para, por exemplo, avaliar se elas inferem o valor de mercado com baixas taxas de erro. São elas: dist_parks - distância para o parque mais próximo; dist_military - distância para a zona militar mais próxima; dist_industrial - distância para a zona industrial mais próxima; dist_aterro - distância para o aterro sanitário mais próximo; dist_rail - distância a estação de trem ou trilho mais próximo; dist_escola - distância para a escola mais próxima; dist_beach - distância para a praia; qtde_lojas_500m - contagem de lojas em um raio de 500 metros.

Modelos de Detecção de Anomalias e Clusterização para Identificação de Erros Cadastrais

O problema da atualização e inconsistências do Cadastro Imobiliário Municipal (CIM) é comum a todas grandes cidades e impactam sobremaneira na arrecadação do IPTU. A dinamicidade das transações imobiliárias e das mudanças em imóveis (construções, demolições etc.) não pode ser acompanhada com diligências e auditorias pessoais e pontuais. Nesta fase inicial do projeto, o primeiro foco foi a identificação de valores divergentes por face de quadra da planta cartográfica da cidade de Fortaleza. A Figura 3 apresenta o mapa dos bairros com maiores divergências na avaliação de faces de quadras.

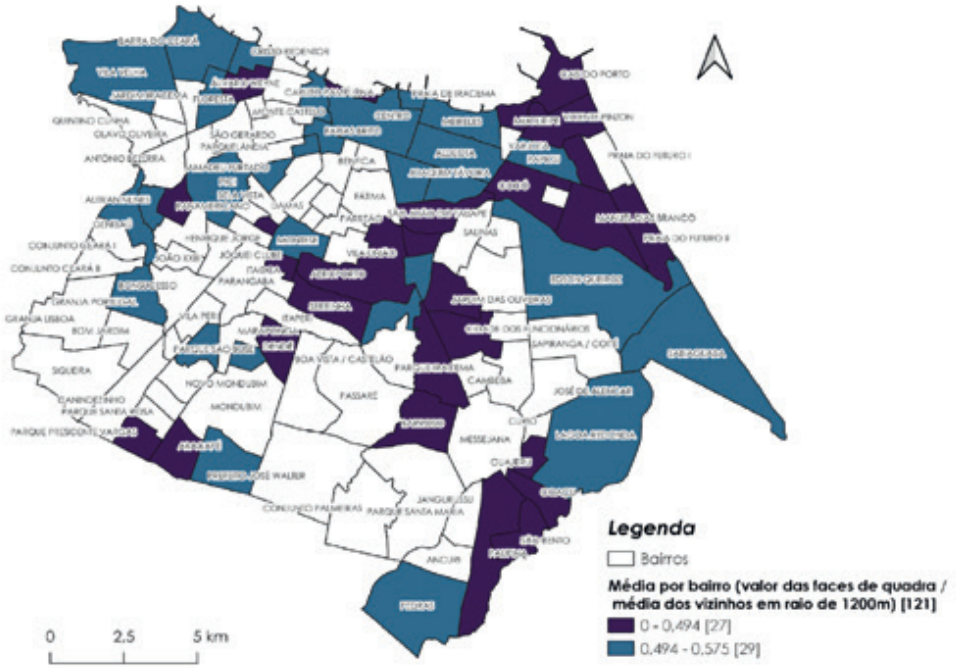


Figura 3 - Mapa com bairros que apresentam valores de face de quadra mais divergentes em relação ao seu entorno, considerando um raio de 1200m

A figura ilustra que há indícios de divergências importantes entre o valor do m2 de uma face de quadra e os valores de suas circunvizinhas em um raio de 1200 metros. O modelo de detecção de anomalias usado neste primeiro experimento se baseia na média, mediana ou coeficiente de dispersão do valor do m2 das faces de quadra dentro do raio de circunvizinhança analisado. A lista das faces de quadras foi encaminhada para análise para equipe do CIM da SEFIN e novas análises serão feitas para outras distâncias de vizinhança.

Considerações Finais

O projeto propõe a aplicação de modelos e técnicas de Ciência de Dados e Inteligência Artificial para resolver problemas na administração tributária dos impostos próprios (ISS, IPTU, ITBI) sob responsabilidade da Secretaria Municipal das Finanças (SEFIN) de Fortaleza. Na área de Gestão do ISS, o objetivo é o desenvolvimento de um Modelo de Custos das Empresas Prestadoras de Serviço de Fortaleza, que estime os custos (gastos) de uma empresa padrão, permitindo identificar empresas atípicas e a geração de notificações indicando a autorregularização de sua situação fiscal. Na área de tributação imobiliária, o foco é desenvolver modelos preditivos de valor de mercado e de correção de erros do Cadastro Imobiliário Municipal que subsidiem políticas de tributação do IPTU que levem em conta características socioeconômicas.

O projeto encontra-se com 30% de seu cronograma realizado e boa parte das atividades foram relacionadas à análise dos conjuntos de dados disponíveis para os estudos. Com isso, destacam-se dificuldades na coleta e sistematização de dados fiscais e socioeconômicos, externos à SEFIN, principalmente por questões de sigilo, volume e integridade das informações. Por exemplo, dados de consumo e gastos com energia elétrica cobrem apenas 15% das empresas prestadoras de serviço de Fortaleza e muitas informações estão em duplicidade. Dados imobiliários sobre áreas de baixa renda como em assentamentos precários também são escassos e invisibilizam uma parte da população que não está inserida no mercado chamado formal. Outro risco e dificuldade do projeto é a seleção de desenvolvedores e pesquisadores para atuar no projeto com experiência na área de IA e Ciência de Dados, que possam contribuir com as atividades de forma imediata. No entanto, os resultados preliminares já indiciam retorno para as políticas públicas de justiça fiscal, fundamentais na resolução dos problemas da cidade de Fortaleza e na busca da justiça social.

Referências:

BINDER, N. B. Artificial Intelligence and taxation: Risk management in fully automated taxation procedures. In Regulating Artificial Intelligence, Springer, 2020. (Ver mais em Law of July 18, 2016 (BGBl I p. 1679)).

BARABÁSI, A. L. Linked: The new science of networks. 2003.

BARABÁSI, A. L. Network science. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 371(1987), 20120375. 2013.

CARRANZA, J.P. et al. "Mass appraisal as affordable public policy: Open data and machine learning for mapping urban land values." Land Use Policy 119 (2022): 106211.

DEVLIN, J., CHANG, Ming-Wei; LEE, K.; TOUTANOVA, K.: BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding, in: Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers), pages 4171–4186, Minneapolis, Minnesota. Association for Computational Linguistics, (2019).

DOROGOVTSEV, S. N.; MENDES, J. F. Evolution of networks: From biological nets to the Internet and WWW. OUP Oxford. 2013.

DOVOEDO, Y. H.; CHAKRABORTI, S. Boxplot-based outlier detection for the location-scale family. Communications in statistics-simulation and computation, 44(6), 1492-1513. 2015.

FELLBAUM, C. WordNet: An Electronic Lexical Database. Cambridge, MA: MIT Press. (1998, ED.)

GAO, J.; HU, W.; LI, W.; ZHANG, Z.; WU, O. Local outlier detection based on kernel regression. In 2010 20th International Conference on Pattern Recognition (pp. 585-588). IEEE. 2010.

JING, K.; XU, J. A survey on neural network language models. arXiv preprint arXiv:1906.03591. 2019.

LEPRI, B.; OLIVER, N.; PENTLAND, A. Ethical machines: The human-centric use of artificial intelligence. IScience 24.3 (2021): 102249.

NEWMAN, M. Networks. Oxford university press. 2018.

OECD. Advanced Analytics for Better Tax Administration, 2016.

OTTER, D. W.; MEDINA, J.R.; KALITA, J.K. A survey of the usages of deep learning for natural language processing. IEEE transactions on neural networks and learning systems 32.2 (2020): 604-624.

PINHEIRO, V.; PEQUENO, T.; FURTADO, V.; FRANCO, W. Inferencenet.BR: expression. of inferentialist semantic content of the Portuguese language. In: International Conference on Computational Processing of the Portuguese Language. pp. 90–99.Springer (2010)

RUBIN, R. AI comes to the Tax Code, The Wall Street Journal, 2020, at https://www.wsj.com/articles/ai-comes-to-the-tax-code--11582713000.

SAYAMA, H. Introduction to the modeling and analysis of complex systems. Open SUNY Textbooks. 2015.

SOUZA, F.; NOGUEIRA, R.; LOTUFO, R. BERTimbau: pretrained BERT models for Brazilian Portuguese. In: 9th Brazilian Conference on Intelligent Systems, BRACIS, Rio Grande do Sul, Brazil, October 20-23 (2020).

SPEER, R.; CHIN, J.; HAVASI, C.: Conceptnet 5.5: An open multilingual graph of general knowledge. In: Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence (2017)

WISNOWSLI, J. W.; MONTGOMERY, D. C.; SIMPSON, J. R. A comparative analysis of multiple outlier detection procedures in the linear regression model. Computational statistics & data analysis, 36(3), 351-382. 2001

BigDataFortaleza – Análise e Tomada de Decisão para o Desenvolvimento Urbano Sustentável

Rossana Maria de Castro Andrade

Colaboradores
Élcio Batista
Ismayle S. Santos
Tales P. Nogueira
Pedro A. M. Oliveira
Victória T. Oliveira
Allberson B. O. Dantas
Pedro F. A. Neto
Pedro R. L. Fernandes

RESUMO

Serviços de cidades inteligentes, como aqueles ligados à saúde, economia, turismo, educação, têm se beneficiado com iniciativas de transformação digital, que promovem o desenvolvimento de soluções para ajudar a gestão pública na tomada de decisões. Cada uma dessas áreas possui suas próprias características e desafios. Entretanto, ao observar o contexto dinâmico da cidade, é necessário aos gestores públicos entender qual o impacto de suas decisões. Diante disso, este projeto visa desenvolver uma plataforma de análise de dados e predição utilizando Big Data e Machine Learning, chamada BigDataFortaleza, com o objetivo de ajudar no planejamento estratégico de soluções para o desenvolvimento urbano sustentável de Fortaleza, que é o contexto de atuação do Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor), ao qual este projeto está ligado, no âmbito do Programa Cientista Chefe. Neste cenário de obtenção e análise dos dados e predições para tomada de decisão, o foco é a melhoria da colaboração e engajamento dos cidadãos, em consequência, da melhoria da qualidade de vida, especialmente a longo prazo. O desafio de entender melhor a demanda por creches, ligado ao domínio da Primeira Infância, foi escolhido para ser explorado inicialmente, uma vez que a gestão inteligente de dados pode auxiliar na tomada de decisões que podem contribuir com a melhoria do desenvolvimento infantil. Para isso, diversas análises exploratórias e preditivas foram realizadas para responder questões essenciais desse domínio que foram levantadas em discussões com gestores da Prefeitura Municipal de Fortaleza. Além disso, foram criadas propostas de arquitetura e de interfaces de usuário para a plataforma. Com a finalização da implementação do cenário da Primeira Infância, outros cenários devem ser abordados, por exemplo, desafios ligados à habitação. Como potencial inovador do projeto, destaca-se o desenvolvimento de análises com foco na predição de demandas futuras para criar políticas públicas baseadas em evidências.

Introdução

Fortaleza é uma das principais capitais do Nordeste, tendo em 2021 um total de 2.703.391 habitantes , sendo a 5ª maior população do Brasil . Ela é formada por uma área de 314.930 km² e está dividida administrativamente em 12 Secretarias Executivas Regionais que abrigam 121 bairros. Na prefeitura de Fortaleza, uma das autarquias municipais é o Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor) que tem o propósito de atuar na geração do conhecimento, monitoramento e avaliação de políticas públicas, articulação do planejamento estratégico e fomento de iniciativas inovadoras. Destaca-se, então, o papel do Iplanfor no planejamento urbano e na modernização da cidade de Fortaleza.

Considerando a cidade Fortaleza e a atuação do Iplanfor, a coleta e análise dos dados é essencial para o diagnóstico e o apoio à tomada de decisões por parte dos gestores municipais. Por meio de uma análise inteligente desses dados, é possível, por exemplo, aprimorar a qualidade dos serviços prestados aos cidadãos ou prever o impacto de mudanças na infraestrutura da cidade. É essencial, portanto, uma infraestrutura robusta capaz de coletar, armazenar e processar dados provenientes de bases de dados de diferentes sistemas da cidade. Essa estrutura permitirá a análise dos dados da cidade de maneira eficiente e inteligente, suportando a tomada de decisões pelos gestores de Fortaleza e trazendo benefícios advindos da implantação de cidades inteligentes, tais como: integração entre os diferentes sistemas da cidade, sustentabilidade, melhoria na prestação dos serviços aos cidadãos, melhor eficiência dos recursos públicos e insights para criação de novas soluções (OSMAN et al., 2019, LI et al., 2019).

Rana et al. (2019) define cidades inteligentes reforçando o papel das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e as descreve como territórios tecnologicamente avançados e modernizados com certa capacidade intelectual para lidar com vários aspectos sociais, técnicos e econômicos baseado em técnicas de computação inteligente para desenvolver componentes inteligentes (e.g. prédios inteligentes, hospitais inteligentes) e serviços de qualidade superior. Importante citar também o trabalho das Nações Unidas em trazer as pessoas para o centro das transformações digitais com as cidades inteligentes.

Cidades inteligentes apresentam três características essenciais (OSMAN et al. 2019): (i) uso de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para, entre outros pontos, conectar diferentes sistemas da cidade reunindo dados dos mesmos, os quais podem ser analisados para possibilitar a extração de informações úteis e insights sobre a cidade usando inteligência artificial; (ii) uma visão global da cidade, onde a inter-relação entre os principais sistemas da cidade deve ser considerada e nenhum destes sistemas funciona isoladamente; e (iii) sustentabilidade, que no contexto de cidades inteligentes está relacionada à habilidade de continuar e crescer sem deterioração significativa dos recursos. Deste modo, cidades inteligentes podem ser a solução para reduzir as contribuições negativas atreladas ao crescimento das cidades (LI et al. 2019) e tem o potencial de oferecer um melhor padrão de vida para futuras gerações (RAZMJOO et al., 2021).

Nesse sentido, o uso extensivo das tecnologias digitais em cidades inteligentes e a difusão dessas tecnologias na vida cotidiana das pessoas impulsionaram as interações humano-humano, humano-máquina, e máquina-máquina que produzem volumes massivos de dados (Big Data) (OSMAN et al. 2019). Para extrair conhecimentos dos conjuntos de dados gerados a partir dos vários domínios da cidade, é necessário que eles sejam integrados e analisados com o uso de técnicas de Inteligência Artificial.

Diante do que foi exposto, este artigo apresenta o projeto intitulado "BigDataFortaleza: Análise e Tomada de Decisão para o Desenvolvimento Urbano Sustentável", que visa desenvolver uma plataforma de dados integrados, com capacidade de visualização e predição para fins de tomada de decisão e planejamento de estratégias por parte dos gestores da Prefeitura de Fortaleza. Espera-se que os resultados deste projeto contribuam para apoiar as atividades do Iplanfor, especialmente no que diz respeito: (i) à melhoria na tomada de decisões por parte dos gestores de Fortaleza; (ii) ao apoio na integração de dados entre os sistemas de Fortaleza; (iii) à criação de soluções inovadoras para os cidadãos de Fortaleza; (iv) à geração de novos conhecimentos sobre a cidade; e (v) ao fornecimento de insumos para uma Fortaleza Inteligente.

Este projeto iniciou em julho de 2022 e a prefeitura escolheu a CESPI (Coordenadoria Especial da Primeira Infância) como primeiro órgão a ter seus principais desafios explorados no projeto BigDataFortaleza. Após a aplicação de técnicas de levantamento de necessidades, foi identificado o desafio de entender melhor a demanda de vagas em creches, o que envolveu também a Secretaria Municipal de Educação (SME).

As seções que se seguem trazem de forma resumida as principais questões pautadas no projeto, tais como, motivações, metodologia e resultados auferidos até o momento. Na seção 2, o desafio piloto, o da Primeira Infância em Fortaleza, é introduzido. Na seção 3, a metodologia empregada no projeto é apresentada. Já na seção 4, os principais resultados alcançados no projeto até o presente momento são apresentados. A seção 5 traz discussões sobre os resultados, à luz das necessidades estratégicas da PMF. Por fim, a seção 6 traz as conclusões finais e aponta direcionamentos futuros para o projeto BigDataFortaleza.

Piloto Big Data Fortaleza para a Primeira Infância

As Nações Unidas, em sua Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (UNGA, 2015), delineou 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que devem servir para nortear países na definição de políticas para melhoria da vida das pessoas. Alguns dos ODS incluem erradicar a pobreza; alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição; assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades; assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos; e reduzir a desigualdade nos países e entre eles.

Ainda na Agenda 2030, a importância de dados é evidenciada quando diz que "serão necessários dados desagregados de qualidade, acessíveis, oportunos e confiáveis para ajudar na medição do progresso e para garantir que ninguém fique para trás. Tais dados são fundamentais para a tomada de decisões. Os dados e informações dos mecanismos de relatórios existentes devem ser utilizados sempre que possível." A partir desse recorte, pode-se identificar a importância de políticas voltadas para a educação para atingir a concretização de parte importante desses objetivos e que dados são uma fonte primordial para subsidiar governos na tomada de decisão na construção de políticas efetivas para a realização de seus objetivos.

A educação inicial, infantil, pré-escolar, pré-primária ou da primeira infância (alguns dos diversos nomes em países da América Latina para a educação de crianças, do nascimento aos seis anos de idade, aplicáveis a diversas divisões por idade dentro dessa faixa etária) tem percorrido um árduo caminho de reconhecimento e inserção nos sistemas educacionais, o que levou a um aumento lento em sua cobertura, apesar de, nos últimos anos, ter sido apontada como um dos principais focos das políticas educacionais (PERALTA ESPINOSA, 2022).

Sendo assim, o planejamento e a implementação de políticas e serviços voltados à primeira infância são fundamentais para assegurar oportunidades de aprendizado a longo prazo e melhores resultados em educação, emprego e saúde entre indivíduos. Pesquisas em neurociência, psicologia do desenvolvimento e ciência cognitiva revelaram que uma educação de qualidade na primeira infância, comunidades de apoio e um ambiente familiar positivo servem como importantes blocos de construção para promover um desenvolvimento saudável entre bebês e crianças pequenas (UNESCO, 2022).

Estratégias-chave para o pleno aproveitamento de resultados de políticas públicas voltadas para a primeira infância foram sugeridas pela UNESCO (2022) e incluem o impulsionamento do uso de dados, o monitoramento e a avaliação para responsabilização dos entes envolvidos. Idealmente, governos devem desenvolver sistemas de monitoramento que ajudem a acompanhar o progresso e permitir a responsabilização durante o processo que visa atingir as metas dos ODS relacionados à primeira infância.

Nesse sentido, o desenvolvimento de plataformas como o BigDataFortaleza, que permitam o desenvolvimento de análises utilizando dados de diferentes domínios relacionados às políticas voltadas para a primeira infância, mostra-se importante para o monitoramento contínuo e a avaliação de indicadores, de preferência seguindo normas internacionalmente comparáveis, além de prover insights mais precisos para tomadas de decisão baseada em dados e evidências. Sendo assim, a prefeitura escolheu como foco inicial do nosso projeto o domínio da primeira infância.

Metodologia Utilizada

Esta seção traz os materiais e métodos técnico-científicos utilizados no desenvolvimento da plataforma BigDataFortaleza. Através dos métodos Canvas de Dados, Metodologia Fundacional da Ciência de Dados e a Metodologia Scrum, os materiais foram coletados junto aos atores da PMF para o cumprimento dos propósitos do projeto.

Canvas de Dados

O Canvas de Dados é uma metodologia que orienta gestores na navegação através do pensamento analítico, a partir de objetivos e desafios bem definidos, para pautar projetos e decisões e dar os primeiros passos para criar uma solução de dados (ÍRIS LAB, SOCIAL GOOD BRASIL, 2021). A razão para a proposição da técnica, pelo Social Good Brasil , aconteceu pelo fato de muitas vezes resultados efetivos não serem alcançados nos projetos devido ao fato de não se ter um objetivo claro em relação ao projeto, fazendo com que os cientistas de dados envolvidos no projeto não consigam captar e materializar em dados as respostas necessárias aos questionamentos levantados pelos gestores do projeto. De acordo com um estudo do grupo Gartner, 35,85% dos projetos de dados falham, e uma das principais razões para isso é a falta de um objetivo claro . O que se percebe na prática é que durante a etapa de definição dos objetivos do projeto, os gestores costumam se inundar de dados, fazendo com que os avanços do projeto sejam lentos ou que, ao final do projeto, não se consiga aferir se as decisões tomadas ao longo do projeto foram as melhores.

O Canvas de Dados é tanto uma ferramenta estratégica como prática que pode ser utilizada pelo gestor público. Ela o orienta a navegar pelo pensamento analítico e estratégico. ÍRIS LAB, SOCIAL GOOD BRASIL (2021) apresenta as etapas para construção do Canvas de Dados, segundo a metodologia, bem como a ferramenta Canvas de Dados, original da Social Good Brasil. Como se percebe, parte-se inicialmente do propósito, ou seja, o objetivo a ser alcançado ou desafio que se deseja resolver. Esse propósito será o foco em um universo de dados que ultrapassa a capacidade humana de consumo. Os dados são então identificados na terceira etapa do processo. Assim, só depois da definição de um objetivo claro e das perguntas para tomada de decisão é que são definidos os dados relevantes.

Metodologia Fundacional da Ciência de Dados

Com relação à análise dos dados está sendo utilizada a Metodologia Fundacional de Ciência de Dados, proposta por (IBM, 2015). Ela é importante porque neste projeto há a necessidade de lidar com grandes volumes de dados coletados. Nessa metodologia, 10 estágios determinam um processo iterativo para a descoberta de conhecimento através dos dados. São eles:

1- Entendimento do negócio: consiste na definição do desafio a ser resolvido, dos objetivos do projeto e nos requisitos da solução. Nesse estágio, a participação de especialistas é essencial.

2- Abordagem analítica: após definir o desafio, os pesquisadores podem definir a abordagem analítica para solucioná-lo. Fazer isso envolve expressar o desafio no contexto de técnicas estatísticas e de mineração de dados para que os pesquisadores possam identificar aquelas mais adequadas para alcançar o resultado esperado.
3- Requisitos dos dados: a abordagem analítica escolhida determina os requisitos dos dados. Os métodos analíticos requerem certos conteúdos, formatos e representações dos dados tratados.
4- Coleta de dados: pesquisadores identificam e coletam dados que sejam relevantes para o domínio do desafio. Caso encontrem dificuldades na coleta de dados, os pesquisadores podem ter que revisar os requisitos de dados e coletar mais informações.
5- Entendimento dos dados: estatísticas descritivas e técnicas de visualização podem ajudar no entendimento dos dados, avaliar a qualidade dos mesmos e levar às primeiras descobertas sobre a solução do desafio.
6- Preparação dos dados: engloba todas as atividades de construção de conjuntos de dados a serem usados no estágio de modelagem. Essas atividades incluem a limpeza dos dados, a combinação com dados de fontes diversas e a transformação dos dados para serem mais úteis e fáceis de lidar.
7- Modelagem: Iniciando com um conjunto de dados preparado nos estágios anteriores, pesquisadores usam um subconjunto de treinamento (dados históricos onde o resultado de interesse é conhecido nos casos de aprendizado supervisionado) para desenvolver modelos preditivos utilizando a abordagem analítica já descrita. O estágio de modelagem é altamente iterativo.
8- Avaliação: a qualidade do modelo é avaliada sendo verificado se ele atende ao desafio apropriadamente. Esse estágio envolve a aplicação de métricas de diagnóstico bem como outros recursos como tabelas e gráficos com a utilização do conjunto de dados de teste nos casos de modelos preditivos.
9- Implantação: após a aprovação do modelo proposto pelos stakeholders, é realizada a implantação no ambiente de produção ou em um ambiente de testes equivalente. Tal implantação é geralmente limitada inicialmente para permitir uma avaliação do desempenho da solução.
10- Feedback: através da coleta de resultados do modelo implantado, a organização captura feedback sobre o desempenho e observa como o ambiente de implantação é afetado. Analisar esse feedback permite que os pesquisadores refinem o modelo, melhorando sua acurácia.

Scrum

O projeto BigDataFortaleza segue o framework Scrum (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013), no que tange às atividades de desenvolvimento de software. Scrum é um método de desenvolvimento de software incremental baseado no conceito de Sprints, iterações de trabalho de tamanho fixo. Ele define quatro tipos de reuniões: (i) A Reunião Diária, que acontece diariamente e cujo objetivo é disseminar conhecimento sobre o que foi feito no dia anterior, identificar impedimentos e descrever o trabalho futuro a curto prazo; (ii) Reunião de Revisão, realizada ao final da Sprint para apresentar as funcionalidades implementadas; (iii) Reunião de Planejamento, planejamento para definir as demandas que serão realizadas da próxima sprint; e (iv) Reunião de Retrospectiva, cujo objetivo é rever os erros e

acertos da última Sprint, identificando assim as lições aprendidas. Além disso, o Scrum também define três papéis: (i) Product Owner, representa os interesses de todos os envolvidos (Stakeholders), define as funcionalidades do produto e prioriza os itens de Product Backlog; (ii) Time de desenvolvimento, composto pelos profissionais que fazem o trabalho para entregar as versões incrementais do produto no final de cada Sprint; e (iii) Scrum Master, responsável por garantir que o Scrum é entendido e que o Time de desenvolvimento e o Product Owner sigam as práticas e regras do Scrum.

Dentro das Sprints são utilizadas boas práticas de Engenharia de Software, como a aplicação de técnicas de coleta de dados contextuais para a elicitação de requisitos, a utilização de Integração Contínua, a realização de testes de software e inspeções de usabilidade. Em relação à elicitação de requisitos, são utilizadas técnicas como concepção, elicitação, elaboração, especificação e validação, permitindo, assim, coletar informações sobre o produto desejado (DARIN et al., 2020). Sobre testes, MYERS et al. (2011) define como sendo o processo de executar um programa com o objetivo de encontrar defeitos. Os testes serão conduzidos em três níveis (BOURQUE e FAIRLEY, 2014): (i) Testes unitários, nos quais as unidades do software são testadas isoladamente; (ii) Testes de integração, que valida a integração entre as unidades do software; e Testes de Sistema, que é preocupado com o comportamento do sistema como um todo. A integração contínua (MEYER, 2014), por sua vez, é uma prática de desenvolvimento que indica a integração frequente de código, de modo mais eficiente, através de builds e testes automatizados. Quanto à inspeção heurística, trata-se de um método de avaliação com especialistas, no qual um pesquisador ou um grupo de pesquisadores com vasto conhecimento pode avaliar um produto com base em um conjunto de parâmetros (PREECE et al., 2004), como, por exemplo, as 10 heurísticas de usabilidade de Nielsen (NIELSEN, 2005).

Atualmente, o projeto BigDataFortaleza está na 7.ª sprint (finalizada no dia 18/11/2022) e, ao longo do projeto, 215 issues já foram concluídas. Até o presente momento 10,6GB de dados foram processados, gerando 183 MB de dados pré-processados que foram armazenados em nuvem Amazon AWS.

Resultados

Os principais resultados do projeto até o momento são discutidos a seguir e um relatório completo de todas as entregas está disponível na web.

Workflow da Plataforma

O workflow da plataforma BigDataFortaleza - apresentado na Figura 1 - tem como elemento central o desafio a ser definido pelos gestores da PMF. Esses desafios podem estar relacionados a um cenário de diminuição das desigualdades sociais como proposto no plano Fortaleza 2040.
O fluxo de trabalho inicia a partir da definição do desafio por parte do gestor público e registro desse desafio na plataforma por parte do IPLANFOR. Esse registro auxiliará no acompanhamento das atividades a serem realizadas pelos cientistas de dados, tais como a compreensão do contexto, identificação das perguntas

estratégicas, definição dos produtos de dados, aquisição, processamento e análise de dados, além da validação das respostas com Big Data. Após a validação das análises, a plataforma permitirá aos cientistas de dados a inclusão de dois conjuntos de scripts: i) scripts responsáveis pela execução do pipeline de dados (seguindo a arquitetura Delta Lake (ARMBRUST, et al., 2020)) e ii) os scripts responsáveis pela execução dos algoritmos de Machine Learning. O primeiro conjunto é fundamental para a limpeza dos dados brutos, pré-processamento e transformação do dataset, e aplicação da lógica de negócio requerida para construir os analíticos (tabelas, gráficos e indicadores). O segundo conjunto de scripts permitirá ao gestor estimar cenários por meio de predições e inferências.

Ao final do fluxo, será possível definir os perfis de acesso para cada análise e o gestor poderá analisar os produtos de dados para auxiliar a tomada de decisão em relação ao desafio inicialmente proposto.

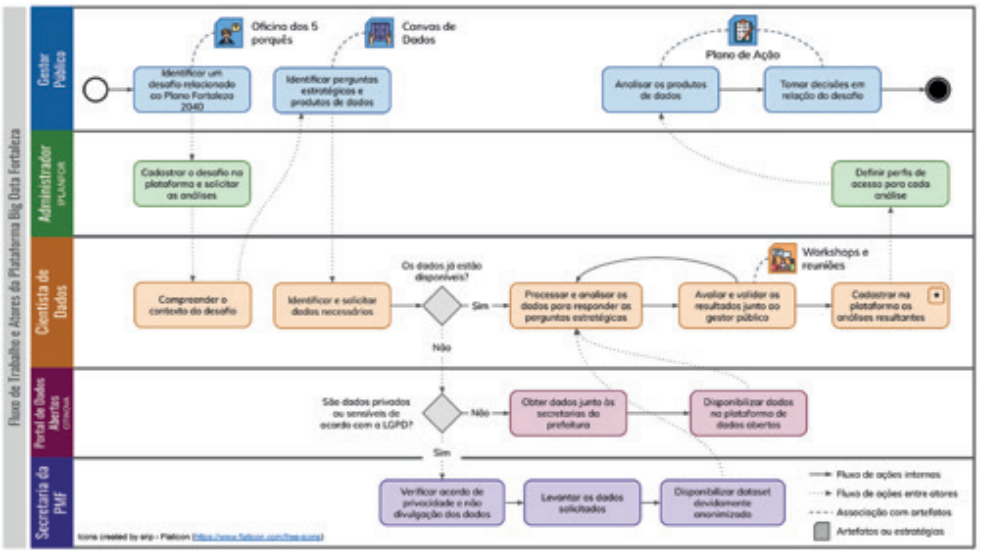


Figura 1: Workflow de trabalho da plataforma BigDataFortaleza. Fonte: elaborado pelos autores.

Oficina dos 5 porquês e Canvas de Dados

Seguindo a metodologia Canvas de Dados, foi realizada uma oficina para entendimento das principais questões relacionadas ao domínio escolhido pela PMF, no caso, a Primeira Infância em Fortaleza. A oficina, ilustrada por meio da Figura 2, foi realizada no dia 18 de Julho de 2022 com a participação de mais de 25 stakeholders relacionados à primeira infância, tais como, Coordenadoria Especial da Primeira Infância (CESPI), Secretaria Municipal de Educação (SME), Secretaria Municipal de Saúde (SMS), Secretaria do Planejamento, Orçamento e Gestão (SEPOG), Secretaria Municipal da Juventude (SEJUV), Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), dentre outros. Cada grupo elegeu uma “dor” relativa à primeira

infância e, em seguida, respondeu a cinco porquês a fim de encontrar a causa raiz para aquele domínio. Ao final, cada equipe apresentou seus resultados e todos realizaram uma votação para priorizar os desafios. No dia 8 de Setembro de 2022, foi realizada a Oficina do Canvas de Dados. A Figura 3 apresenta o resultado do Canvas de Dados da primeira infância de Fortaleza consolidado.



Figura 2: Oficina dos 5 Porquês do desafio Primeira Infância. Fonte: elaborado pelos autores.

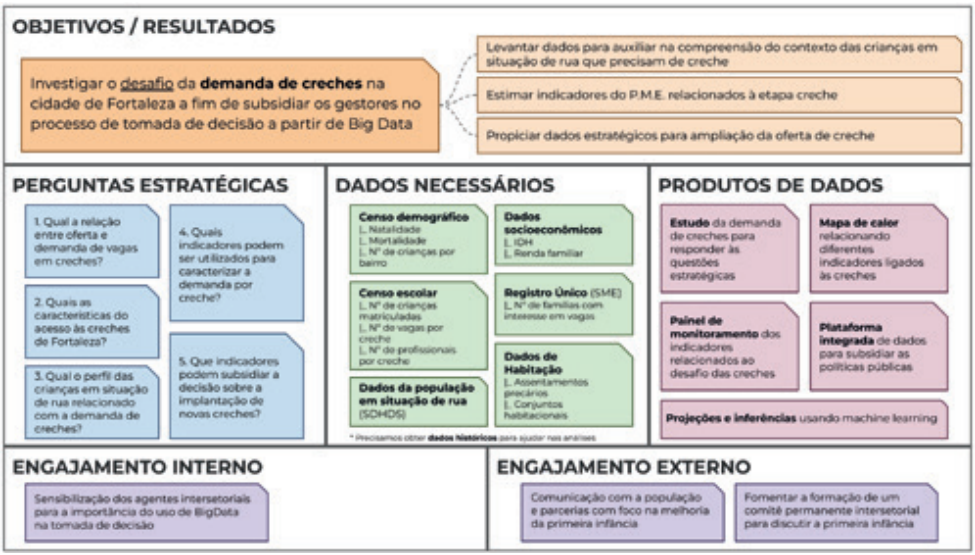


Figura 3: Canvas de Dados do desafio da Primeira Infância em Fortaleza. Fonte: elaborado pelos autores.

Arquitetura

Seguindo a metodologia Fundacional de Ciência de Dados, propôs-se uma arquitetura de software em Big Data adequada aos propósitos do projeto. A arquitetura da plataforma foi inspirada primordialmente na arquitetura de processamento Big Data em nuvem Databricks Delta Lake (ARMBRUST, et al., 2020) e implementada por meio de serviços Amazon AWS, como mostra a Figura 4.

Podem-se citar diversos benefícios na utilização de nuvens computacionais para implementação de serviços de análises de dados, tais como alta disponibilidade, velocidade de processamento, custo reduzido (KIRAN, et al., 2015). Assim, pretende-se também com este projeto, popularizar no âmbito da gestão da PMF a computação em nuvem para sistemas de análises de dados, ao passo que atualmente a maioria desses sistemas é disposta em servidores on premises, ou seja, servidores físicos mantidos pela própria PMF.

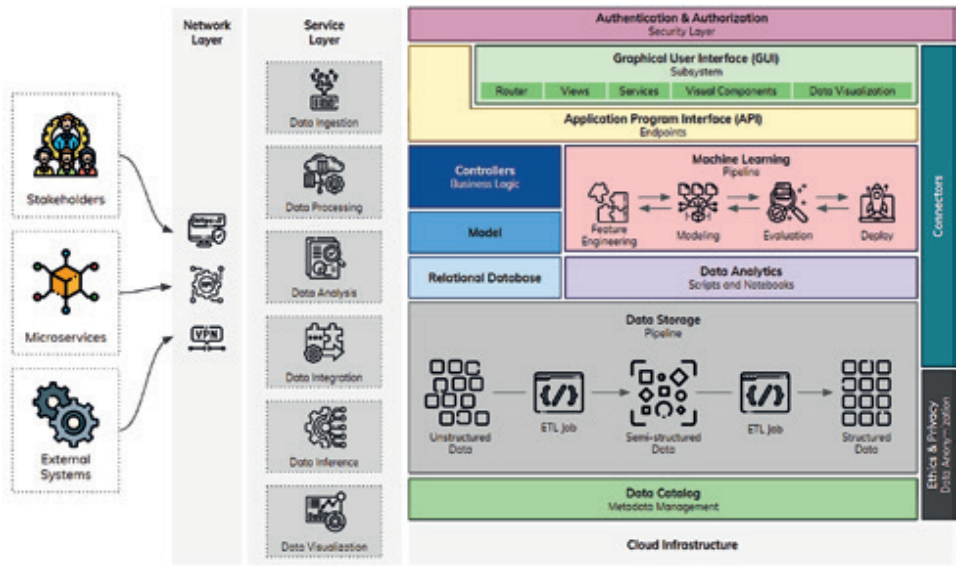


Figura 4: Arquitetura Big Data em nuvem da plataforma BigDataFortaleza. Fonte: elaborado pelos autores.

Plataforma

Além da metodologia Scrum, o desenvolvimento da plataforma segue alguns princípios da Engenharia de Software, tais como Engenharia de Requisitos, Integração Contínua, Testes e Validação de Software e Experiência e Interface do Usuário (UI/UX Design). Vale ressaltar que a plataforma tem por finalidade atender tanto a gestores da PMF quanto ao público em geral, por isso, proporcionar muita usabilidade, bem como fornecer uma experiência rica e intuitiva ao usuário, através de técnicas de UI/UX, são elementos essenciais da plataforma. A título de ilustração, a Figura 5 apresenta a página inicial da plataforma e um exemplo de análise do desafio da primeira infância.



Figura 5: Página inicial da plataforma BigDataFortaleza (esq.) e Página com um exemplo de análise (dir.) acerca do desafio da Primeira Infância. Fonte: elaborado pelos autores.

Discussão

O Projeto BigDataFortaleza começou em Julho de 2022 com uma previsão de duração de dois anos e meio. Embora em estágio inicial durante a escrita deste artigo (dezembro de 2022), a equipe do projeto empreendeu diversas iniciativas para apresentar resultados concretos nos três primeiros meses do projeto, a seguir: a definição da equipe, a proposição da arquitetura de Big Data, a construção do Canvas de Dados sobre a Primeira Infância, e o desenvolvimento das primeiras funcionalidades da plataforma.

No primeiro semestre de 2023, os esforços serão direcionados ao término de outros desafios que envolvem a primeira infância e a saúde, incluindo aí a vacinação e os medicamentos, e a análise de outro domínio: habitação em Fortaleza. No início de 2023, os cientistas de dados do projeto realizarão um novo Canvas de Dados com os gestores da PMF envolvidos nos desafios da habitação, e então proporão um conjunto de perguntas cujas respostas serão dadas através de dados na plataforma. As respostas serão materializadas através de funcionalidades de visualização e sobretudo predição de demandas futuras. Espera-se que este cenário leve em torno de seis meses para conclusão.

Seguindo a métrica dos três primeiros domínios (primeira infância, saúde e habitação) abordados na plataforma, acredita-se que em torno de 5 domínios serão abordados ao longo do projeto, trazendo um claro benefício às políticas de gestão da PMF, ao passo que 5 grandes desafios poderão ser analisados na integralidade, além de remanescer na plataforma uma capacidade preditiva a esses cenários.

Pode-se, por fim, relacionar os seguintes obstáculos para o desenvolvimento do projeto: articulação com as secretarias da PMF, visto que são muitas secretarias e necessitamos de agendas com vários gestores ao mesmo tempo, aquisição de dados (abertos e sensíveis) e dados desatualizados. Pode-se apontar ainda a necessidade de uma cultura de dados planificada em toda a PMF e de uma cultura de integração de dados e sistemas que exige uma articulação com os stakeholders dos cenários de análise da plataforma, integrantes de diversas secretarias. Entretanto, até o momento, tanto os gestores quanto os técnicos da PMF, com a ajuda do Iplanfor, tem se mostrado muito solícitos.

Perguntas Estratégicas

No domínio da primeira infância, as seguintes perguntas estratégicas foram levantadas, conforme mostra o Canvas de Dados consolidado (Figura 3), as quais devem ser respondidas com a análise dos dados:

1. Qual a relação entre oferta e demanda de vagas em creches?
2. Quais as características do acesso às creches de Fortaleza?
3. Qual o perfil das crianças em situação de rua relacionado com a demanda de creches?
4. Quais indicadores podem ser utilizados para caracterizar a demanda por creche?
5. Que indicadores podem subsidiar a decisão sobre a implantação de novas creches?

Análises de Dados para Responder às Perguntas Estratégicas

De acordo com a metodologia do projeto, os principais resultados se materializam através de análises de dados cadastrados na plataforma pelos cientistas de dados envolvidos no projeto para responder às perguntas estratégicas de cada desafio. Algumas das análises realizadas na plataforma são apresentadas nas subseções que se seguem.

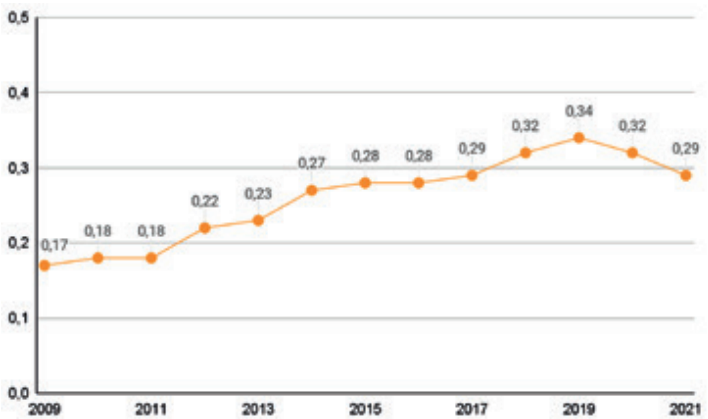


Figura 6: Evolução da Taxa de Escolarização Bruta na Etapa Creche em Fortaleza. Fonte dos dados: Censo Escolar (INEP) e SINASC/SIM extraído do TABNET (SMS). Fonte: elaborado pelos autores.

Taxa de Escolarização Bruta

A análise de dados ilustrada na Figura 6 diagnosticou a situação histórica de 2009 a 2021 da Taxa de Escolarização Bruta (TEB) na etapa creche em Fortaleza. Essa taxa representa o percentual de crianças de 0 a 3 anos que estão matriculadas em creches, cuja análise da queda nessa taxa, observada em 2020 e 2021, pode ser explicada pelo fechamento de creches privadas durante a pandemia de COVID-19. Isso implica um maior esforço da gestão pública para ampliação de vagas, visando o cumprimento da meta do Plano Municipal de Educação (PME), o qual é de 50% das crianças de 0 a 3 anos matriculadas em creches.

Relação entre Oferta e Demanda

A análise, apresentada na Figura 7, traz a relação entre a oferta e a demanda de vagas por creche. Considerando como referência o indicador Taxa de Escolarização Bruta do PME, apresentado na Figura 6, percebe-se que seriam necessárias mais de 20 mil novas vagas para alcançar a meta do PME em 2021.

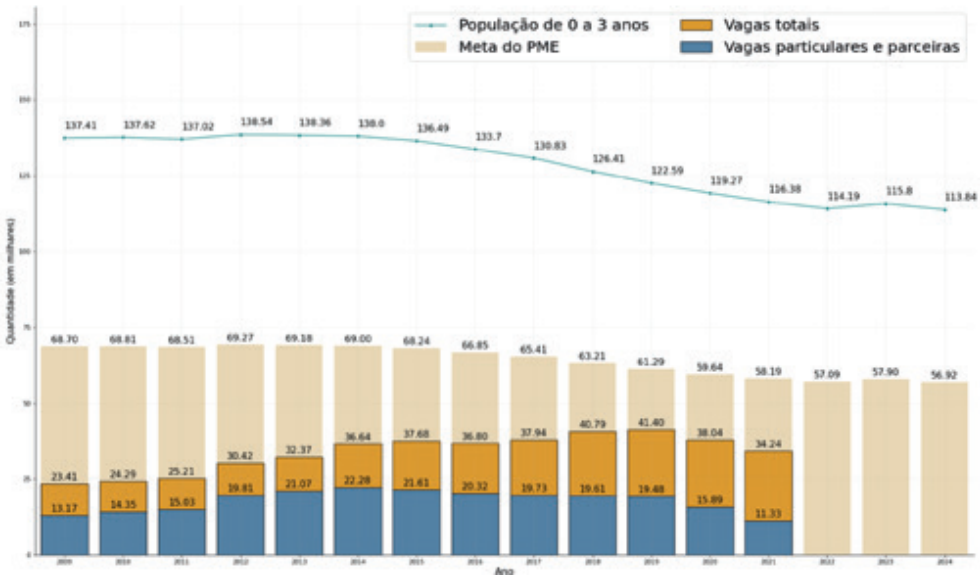


Figura 7: Relação entre oferta e demanda de creches em Fortaleza. Fonte dos dados: Censo Escolar (INEP) e SINASC/-SIM extraído do TABNET (SMS). Fonte: elaborado pelos autores.

Predição da População de 0 a 3 anos e Vagas Ofertadas ao Longo dos Anos

O analítico apresentado na Figura 8 traz i) os dados históricos e a projeção da população de 0 a 3 anos (já removendo o número de óbitos registrados nessa mesma faixa etária) e ii) os dados históricos e a projeção da oferta de vagas incluindo tanto as creches públicas quanto privadas. A decisão de incluir o número de vagas ofertadas nas creches privadas fundamenta-se na forma como o Plano Municipal de Educação calcula seus indicadores e, nesse cenário, a população de 0 a 3 anos representa o público potencial das vagas em creches, sendo utilizada para caracterizar a demanda potencial.

De posse da série histórica com dados registrados entre os anos de 2009 e 2021, modelou-se uma regressão linear para estimar o comportamento da série temporal em relação aos anos futuros. No gráfico, utilizou-se como condição de parada para a estimativa o ano no qual a PMF alcançaria a universalização no número de vagas ofertadas, ou seja, uma vaga em creche para cada criança nascida em Fortaleza. Analisando essa estimativa, observou-se que se a taxa de crescimento das ofertas de vagas em creche for mantida, a meta do PME de 50% das crianças de 0 a 3 anos matriculadas em creche será alcançada em 2030 (seis anos após 2024 que foi o ano previsto pelo PME). No entanto, essa análise precisa ser ponderada considerando alguns aspectos:

- O modelo de regressão linear foi a estratégia inicial utilizada para modelar as séries temporais. No entanto, modelos com maior robustez, como a média móvel integrada autoregressiva (ARIMA), estão sendo avaliados para garantir maior confiabilidade às previsões feitas na plataforma.
- Para estimar o ano no qual a PMF atingirá a meta do PME, não foram consideradas as vagas criadas ao longo de 2022 com a construção de novas creches. Esse fator deve reduzir o tempo necessário para alcançar 50% das crianças de 0 a 3 anos matriculadas em creches.

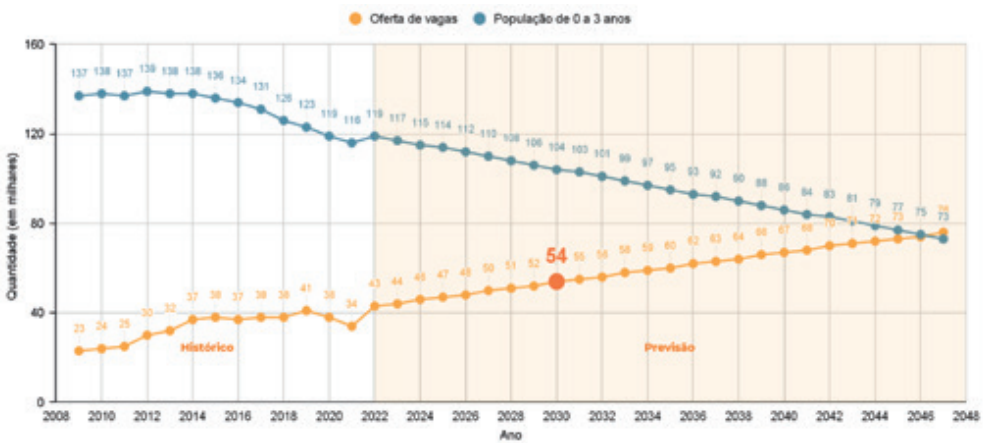


Figura 8: Predição em regressão linear da população de 0 a 3 anos e vagas ofertadas ao longo dos anos.
Fonte dos dados: Censo Escolar (INEP) e SINASC/SIM extraído do TABNET (SMS).

A predição da população dos bairros foi realizada, permitindo análises com menor granularidade. A Figura 9 traz um mapa coroplético em que cores mais intensas representam a maior população com idade de 0 a 3 anos, projetada para 2024. Essa estimativa usa a série histórica de dados registrados entre os anos de 2009 e 2021. A Figura 10 mostra a evolução da população de 0 a 3 anos nos bairros Bom Jardim e Jangurussu.

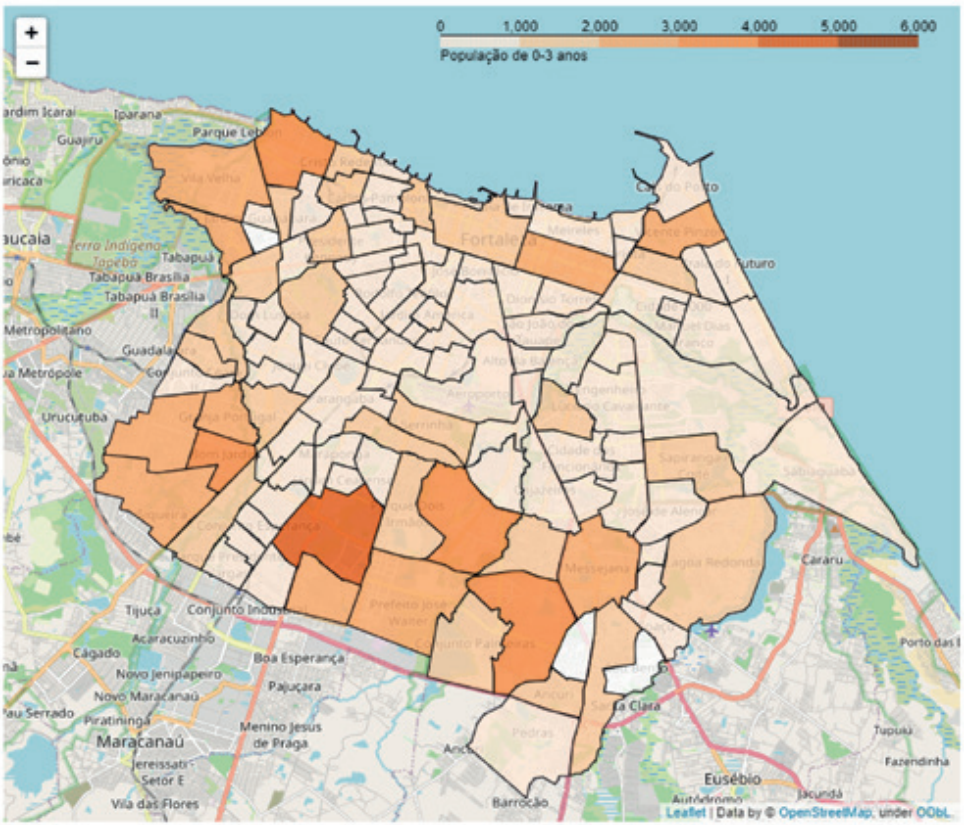


Figura 9: Mapa coroplético de predição em regressão linear da população de 0 a 3 anos nos bairros de Fortaleza. Fonte dos dados: SINASC/SIM extraído do TABNET (SMS).

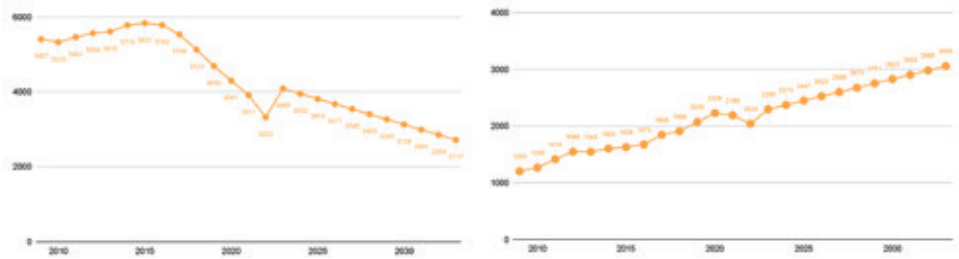


Figura 10: Evolução da população (predição em regressão linear) da população de 0 a 3 anos nos bairros Bom Jardim (esquerda) e Siqueira (direita). Fonte dos dados: SINASC/SIM extraído do TABNET (SMS).

Relação entre Número de Creches e IDH dos Bairros

A relação entre o número de creches e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos bairros também foi analisada (Figura 11). Nesse analítico, foi possível observar que bairros com IDH mais baixo (cores mais claras) possuem maior concentração de creches municipais. Por outro lado, bairros com os melhores IDH, tais como Aldeota, possuem poucas creches públicas. Na plataforma desenvolvida, ao clicar em um balão azul, informações sobre a creche, tais como número de matrículas e endereço, são exibidas.

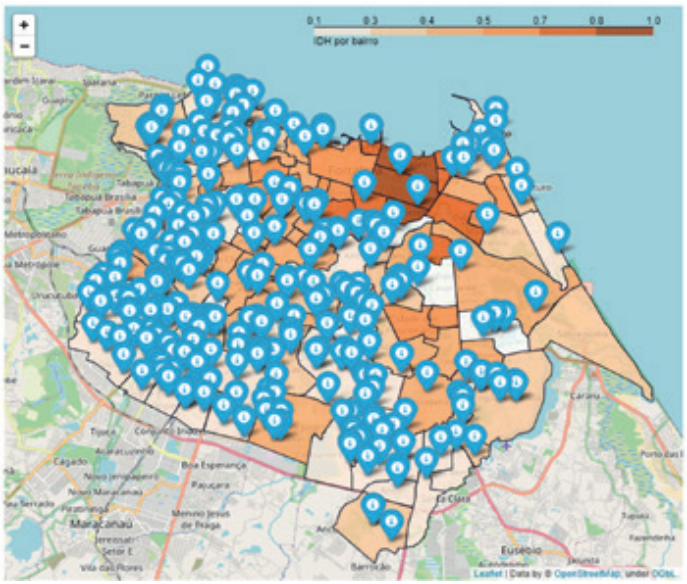


Figura 11: Relação entre número de creches e IDH dos bairros.
Fonte dos dados: Censo Escolar (INEP) e SINASC/SIM extraído do TABNET (SMS).

Conclusão

A plataforma BigDataFortaleza, por definição, é um ambiente de software que visa impactar diariamente o processo de tomada de decisão dos gestores públicos da PMF nos desafios abordados. Ao ir além das plataformas de análise em Big Data tradicionais, focando não somente em visualizações de dados, mas prioritariamente em predições para previsão de demandas futuras, espera-se que, nos cenários impactados, os gestores da PMF possam ter subsídios diferenciados, tanto para analisar fidedignamente os cenários atuais (através da predição de dados faltantes, por exemplo), quanto para a predição de demandas futuras, possibilitando a visão de um panorama mais estruturado a médio e longo prazo de desafios oriundos de cenários de interesse do plano Fortaleza 2040. Acredita-se ainda que a arquitetura de processamento em Big Data proposta para o projeto, bem como o catálogo de dados do projeto, possam ser úteis a outras iniciativas da PMF.

De uma maneira geral, o projeto, ao entregar uma plataforma e rotinas de integração e análise de dados de forma mais eficiente, contribuirá não somente com uma predição atual e futura, mas também com o máximo de precisão possível em relação ao planejamento municipal. Por exemplo, no desafio da demanda de creches, o gestor conseguirá prever quantas creches serão necessárias em determinados bairros mesmo antes do nascimento das crianças. Esse tipo de informação é parte integrante do ciclo de políticas públicas implementadas em nível de município e mesmo de estado, que tenha foco em Fortaleza.

Destacam-se como pontos fortes do projeto o enfrentamento a cenários desafiadores às metas do Plano Fortaleza 2040 (e.g., oferta de creches, oferta de moradias populares). A plataforma permite responder perguntas levantadas pelos gestores da PMF com dados, processamento eficiente, integração com outras iniciativas de análise de dados da PMF e capacidade preditiva de cenários futuros através de modelos de Machine Learning. O ponto fraco a mencionar é o fato de que, por limitações orçamentárias do projeto, não é possível implementar todos os cenários desafiadores ao cumprimento das metas do Plano Fortaleza 2040.

Para além dessa contribuição global, o BigDataFortaleza terá como foco temas específicos definidos de maneira cooperativa com os órgãos e entidades da administração municipal. Neste sentido, no primeiro ano o projeto tem como alvo responder perguntas relacionadas à Primeira Infância, que também englobam a Educação e a Saúde. Mais especificamente, o projeto buscará analisar o desafio da demanda de vagas em creches, respondendo a perguntas tais como: quais regiões concentram esse desafio? Qual a magnitude do desafio? Como iniciar sua resolução?

Em 2023, buscar-se-á, por meio do uso dos dados, o estabelecimento de análises para apoiar a tomada de decisões nos desafios de déficit habitacional. Conforme dados do Plano Local de Habitação de Interesse Social, e estimativas recentes da Habitafor, avalia-se que aproximadamente um milhão de pessoas residem em aglomerados subnormais. Lugares, em geral, sem acesso à água potável, sem conexão com a rede de esgotos, e com ruas não urbanizadas. Em geral, os residentes

dos aglomerados também não têm documentos de propriedade e são carentes de outros serviços de assistência fornecidos pela municipalidade. Identificar os aglomerados, avaliar suas condições, e estimar a demanda por moradia digna que eles representam são tarefas que o BigDataFortaleza pode endereçar.

Referências bibliográficas

ARMBRUST, Michael et al. Delta lake: high-performance ACID table storage over cloud object stores. Proceedings of the VLDB Endowment, v. 13, n. 12, p. 3411-3424, 2020.

BOURQUE, P.; FAIRLEY, R. (Ed.). Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0. [S.l.]: IEEE Computer Society, 2014

DARIN, T. G. R. et al. Contextual Requirements Elicitation through the Combination of Interviews, Scenarios and Visual Artifacts. In: 19TH Brazilian Symposium on Software Quality. São Luıs, Brazil: Association for Computing Machinery, 2020. (SBQS'20).

HOLLANDS, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial?. City, 12(3), 303-320.

ÍRIS LAB, Social Good Brasil, AWS Educate. A Era dos Dados para o Setor Público. Uma nova Cultura Organizacional Analítica. 2021. Disponível em https://irislab.ce.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/LIVRO-DIGITAL-A-Era-dos-Dados-para-o-Setor-Pu%cc%81blico.pdf.

KIRAN, Mariam et al. Lambda architecture for cost-effective batch and speed big data processing. In: 2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). IEEE, 2015. p. 2785-2792.

IBM. Foundational methodology for data science. 2015.

LI, Xia, et al. Towards sustainable smart cities: An empirical comparative assessment and development pattern optimization in China. Journal of Cleaner Production 215 (2019): 730-743.

MEYER, Mathias. Continuous integration and its tools. IEEE software, v. 31, n. 3, p. 14-16, 2014.

MYERS, G., SANDLER, C. e BADGETT, T. (2011). The Art of Software Testing. 3 Ed. John Wiley & Sons.

NIELSEN, J. Ten usability heuristics. (2005).

OSMAN, Ahmed M. Shahat. A novel big data analytics framework for smart cities. Future Generation Computer Systems 91 (2019): 620-633.

PERALTA ESPINOSA, V. Análise da política curricular para a primeira infância na América Latina: estudo comparativo no Chile, Equador, México e Uruguai. Technical Report. 61 pp. 2022.

PREEECE, J., Rogers, Y., and Sharp, H. (2004). Interaction design. Apogeo Editore.

RANA, N.P., Luthra, S., Mangla, S.K. et al. Barriers to the Development of Smart Cities in Indian Context. Inf Syst Front 21, 503–525 (2019).

RAZMJOO, Armin, et al. Effective policies to overcome barriers in the development of smart cities. Energy Research & Social Science 79 (2021): 102175.

SANTANA, E. F. Z., CHAVES, A. P., GEROSA, M. A., KON, F., & MILOJICIC, D. S. (2016). Software platforms for smart cities: Concepts, requirements, challenges, and a unified reference architecture. ACM Computing Surveys (CSUR), 50(6), 78.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J., 2013. The Scrum Guide - The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. Disponível em: <http://www.Scrumguides.org/docs/ Scrumguide/v1/Scrum-guide-us.pdf>. Acesso em: 16 set. 2022.

UNESCO. Global Partnership Strategy for early childhood, 2021-2030. Technical Report. 46 pp. 2022.

UNGA General Assembly (UNGA). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolut. A/RES/70/1, 25 1–35. 2015.



Conclusões

Jorge Barbosa Soares
Diretor de Inovação da Funcap

Colaboraram para este capítulo e os anexos:
Robson Rocha, Abraão Saraiva Junior e Raphael Campos.

1. DESAFIOS, ANTECEDENTES E CONTEXTO

Os grandes desafios enfrentados pelas sociedades modernas têm se tornado mais complexos, interconectados e demandam soluções baseadas em evidência. Tais soluções costumeiramente nascem de interações entre ciência, tecnologia e inovação (CT&I), que se mostram mais eficientes e produtivas quando apoiadas por governos por meio do financiamento público da pesquisa e da educação.

Boa parte do percentual de investimento em CT&I no mundo ocorre por meio de financiamento público (Mazzucato, 2013; Goolsbee e Jones, 2022), e não privado, embora ambas as fontes sejam importantes para estimular empreendimentos em produtos, processos e serviços (He e Tian, 2020). Todavia, há cobranças associadas ao fato de que o investimento público em CT&I requer somas vultosas que acabam não trazendo retorno facilmente perceptível pela sociedade.

O contexto referido motivou a Funcap a buscar, para o estado do Ceará, um novo modelo de financiamento público da ciência que atendesse as aspirações da sociedade, a partir de uma efetiva integração entre o poder público e a academia. Para tanto, adotamos o conceito de inovação pública, a inovação que toma como cliente o próprio Governo do Estado, em suas diversas áreas de atuação em prol da sociedade, mas com forte embasamento no conhecimento científico. É importante deixar registrado que o Cientista Chefe é um programa de inovação, que faz contraponto ao conceito de inovação empresarial, embora seja regido pelo estilo e norma legal deste tipo de inovação, e não do financiamento tradicional da ciência.

O ponto de inflexão ocorre quando a Funcap amplia e fortalece seu papel no ecossistema de CT&I do estado, estendendo o papel de uma Fundação de Amparo à Pesquisa (FAP), um padrão comum em todo o país, para o de uma Fundação de Amparo ao Desenvolvimento Socioeconômico do estado por meio da pesquisa científica e da inovação. Trata-se de uma mudança de paradigma na relação universidade e poder público, configurando um enorme salto qualitativo, tanto no papel exercido pela Funcap dentro do ecossistema de CT&I do Ceará, quanto para o próprio ecossistema.

Como um processo evolutivo, a transformação da missão da Funcap modifica a sua identidade. Em seu novo papel, bem mais ativo na estrutura pública de suporte à inovação do estado, ela reorienta as relações da pesquisa científica com as organizações da administração pública. A efetivação deste novo arranjo impacta, consequentemente,

as organizações de pesquisa que, ao se ajustarem ao padrão emergente, desencadeiam variações e reajustes de papeis. Este processo provoca uma metamorfose na CT&I do Ceará, passando a ser, inclusive, inspiração para outros estados da federação e outros países .

No Ceará, a inovação pública torna-se, a partir das mudanças implementadas, um dos focos da Funcap. A lei estadual Nº 17.378, de 4 de janeiro de 2021, cria o Programa Cientista Chefe, que se tornou uma ampla frente de investimentos a fim de integrar a pesquisa acadêmica e as áreas de gestão do governo estadual, permitindo o Estado do Ceará alavancar sua produção científica de alto nível, ao mesmo tempo em que atende de forma mais eficaz as necessidades da sociedade local. Com esta iniciativa inovadora e autêntica, a Funcap toma um lugar de vanguarda ao redesenhar as formas de colaboração entre a universidade e o poder público.

Este livro evidencia que a sociedade cearense emerge como a grande beneficiada dos avanços: novos serviços, que vão de melhoria na segurança pública, saúde, educação, recursos hídricos, justiça e cultura a novos produtos desenvolvidos para agricultura, aquicultura, infraestrutura, meio ambiente, entre muitos outros. Há tanto o benefício direto com o desenvolvimento socioeconômico, como o potencial de que estes avanços venham a gerar novos negócios em outros estados e países.

A inovação pública, ao reduzir perdas e custos na máquina do Estado, pode engendrar, no médio e no longo prazo, uma redução de impostos sem perda de receita (Bloom et al., 2019). Temos exemplos deste processo, de redução de custos e geração de renda, elencados nos capítulos anteriores. Como ressaltado em alguns capítulos, esta jornada enfrentou dificuldades, não apenas porque muitos projetos foram desenvolvidos e executados durante a pandemia, mas também porque redesenharam estruturas organizacionais há muito consolidadas e resistentes à mudança.

O presente capítulo final traz, de forma resumida, os resultados e os desafios que temos pela frente. São apresentadas contribuições proeminentes e onde precisamos acertar mais ou, se for evidenciado, até mesmo desinvestir. As 21 áreas de pesquisa e apoio ao desenvolvimento da inovação pública (em 2023 já são 22 áreas, com a Pecuária incorporada) têm dado suporte à criação de relações mais estreitas entre os nossos cientistas e a administração pública, e temos visto o Estado superar dificuldades e inovar com sucesso. Como carro chefe deste esforço, o Programa do Cientista Chefe, a um só tempo, mostra frutos gratificantes e tem proporcionado uma plataforma de experimentação e aprendizado para o poder público e para os cientistas envolvidos.

Adicionalmente, a Funcap tem também apoiado a inovação privada, ajudando a desenvolver e a incorporar o conhecimento científico e tecnológico à geração de novos produtos e serviços inovadores no meio empresarial, colaborando com a articulação e o fortalecimento do tripé Academia, Poder Público e Iniciativa Privada. Desta forma, a Funcap tem demonstrado ser capaz de estimular novas formas organizacionais, como startups e mesmo o empreendedorismo acadêmico (Grimaldi et al., 2011), este último sendo fundamental para o funcionamento de um saudável ecossistema de inovação e para o desenvolvimento da economia local (Dabic et al., 2018).

2. RESULTADOS ALCANÇADOS

A pesquisa aplicada, que é direcionada principalmente com uma meta ou objetivo prático específico (Leedy e Ormrod, 2005), tornou-se, desde a mudança no papel exercido pela Funcap, o principal intento para a criação e o desenvolvimento do Programa Cientista Chefe. As investigações científicas que receberam apoio financeiro da Funcap têm proporcionado contribuições tanto teóricas quanto práticas, sendo realizadas para desenvolver conhecimentos com direta utilidade e aplicabilidade para que as organizações públicas possam melhor servir à população. Isto não reduziu a produção científica dos pesquisadores envolvidos. Na verdade, houve um acréscimo em termos de publicações em revistas científicas, participação em congressos e teses defendidas, que em si já representam resultados relevantes. Ademais, criam-se oportunidades de negócios para a iniciativa privada, ao acelerar o desenvolvimento econômico do estado através da difusão do conhecimento e do desenvolvimento de novas tecnologias.

O Programa Cientista Chefe tem sido um exemplo de eficiência na formação e no recrutamento de competências, oferecendo oportunidades de formação de redes de colaboração científica que normalmente seriam inalcançáveis pela esfera pública. Para a área acadêmica, o programa criou e continua a criar vias de contribuição imediata ao bem-estar da sociedade cearense, mostrando que a aproximação da gestão de órgãos do Estado com a comunidade científica oferece benefícios para ambas as partes, mas, sobretudo, produz indiscutível valor por meio da formação de excelente capital humano (ver Figura 1).

Os projetos tiveram um papel fundamental na conquista de novos espaços nacionais e internacionais para a ciência desenvolvida no estado. Foram centenas de novas colaborações que cruzaram fronteiras estaduais e internacionais, envolvendo pesquisadores do setor público e do setor privado. Estas parcerias incluem instituições de pesquisa sediadas no estado do Ceará (ex: UFC, IFCE, Embrapa, UECE, URCA, UVA, UFCa, Unilab, Unifor), e relevantes cooperações nacionais e internacionais (ex: USP, COPPE, Harvard, MIT, NYU, DTU, entre muitas outras), alavancando a representatividade da ciência cearense no Brasil e no mundo. Ao mesmo tempo, o esforço conjunto e o apoio da Funcap permitiram que as pesquisas alcançassem a grande maioria dos municípios do estado.



Figura 1: Dados Agregados do Programa Cientista Chefe. Fonte: Elaborado pelos autores (Funcap Inovação).

A fim de colher os benefícios das pesquisas, tem sido importante desenvolver a capacidade de absorção dos recursos humanos para as organizações sediadas no estado. Sem essa capacidade, as organizações públicas e privadas que queiram otimizar sua gestão e inovar nos produtos e serviços prestados enfrentam dificuldades em avaliar como podem utilizar os resultados. Neste sentido, a Funcap, ao dar apoio a colaboração entre as diferentes organizações públicas, e entre organizações públicas e privadas, gera transbordamentos do conhecimento criado nas universidades para toda a sociedade. Nestes casos, os desenvolvedores de conhecimento (Academia) se colocam à escuta direta dos anseios e dores do serviço público (Governo), para que possam talhar os conhecimentos existentes com utilidade imediata, endereçando soluções para os problemas da sociedade.

Entre 2018 e o fim de 2022 foram desenvolvidos com apoio da Funcap 121 projetos de inovação pública, sendo 59 já finalizados e 62 em curso, totalizando R$112,7 milhões entre recursos executados e já aprovados para desembolso até 2025. No que se refere aos bolsistas envolvidos neste tipo de projeto, no mesmo período, foram implementadas cerca de 2.140 bolsas, distribuídas aproximadamente para 686 alunos de graduação ou técnicos, 645 graduados e 809 mestres e doutores, como resume a Figura 1.

Os projetos são coordenados por professores e/ou pesquisadores doutores das mais diversas áreas do conhecimento que estão institucionalmente vinculados às Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) cearenses, sendo: Embrapa, URCA, UVA, Escola de Saúde Pública, IFCE, UECE, Unifor e UFC as que mais se destacam. Em paralelo a estas bolsas, diversos programas com cursos de atualização e difusão dos resultados e conhecimento gerados foram criados. A Figura 2 traduz, em termos de áreas do conhecimento abrangidas, como os diferentes programas se distribuem.

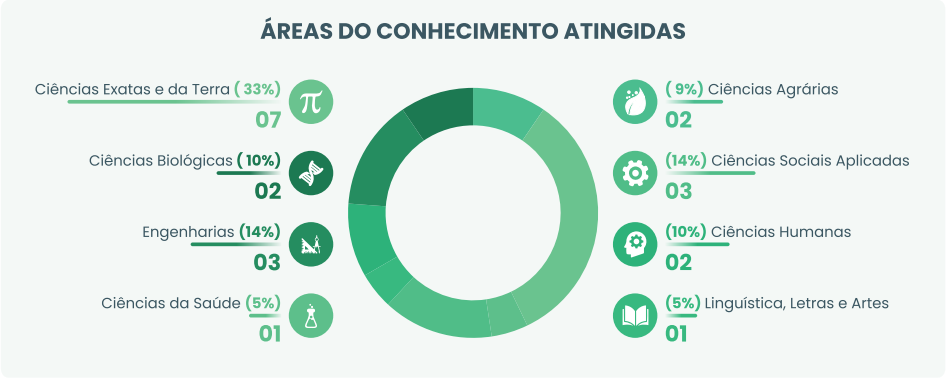


Figura 2: Áreas do Conhecimento Abrangidas. Fonte: Elaborado pelos autores (Funcap Inovação).

Alguns Exemplos Marcantes

Nesta seção apresentamos, em ordem de implementação, alguns dos resultados mais relevantes de 15 programas do Cientista Chefe executados nos últimos 30 meses.

Em busca de uma política de segurança pública efetiva e justa, o Programa Cientista Chefe da Segurança Pública tem realizado estudos científicos para desenvolver e aplicar soluções tecnológicas de identificação humana (Civil e Criminal) e veicular.

O Programa Cientista Chefe de Recursos Hídricos gerou uma gama de contribuições para a segurança hídrica no estado que promovem a garantia de água em quantidade e qualidade adequadas para os usos humanos, econômicos e ecossistêmicos no estado. Na Ciência de Dados, as pesquisas foram centrais para o entendimento e o controle da transmissão do vírus durante a pandemia de COVID-19, e também para a análise de notas fiscais eletrônicas emitidas no estado, com implicações variadas para a administração pública.

Os resultados no Programa da Pesca Industrial contribuíram para que a pressão da pesca da lagosta tenha diminuído, observando-se uma tendência na recuperação do estoque, após apenas 6 meses de defeso. Na Educação Básica, um conjunto articulado de políticas públicas foi concebido para, a partir das frentes do currículo, da avaliação educacional e da formação continuada em competências profissionais para a docência, elucidar as razões para as históricas lacunas de aprendizagem em Matemática e na compreensão leitora e, com isso, propor e acompanhar intervenções sistêmicas nas escolas para a superação dessas lacunas.

O Programa Cientista Chefe da Saúde atuou em duas grandes frentes: a consolidação de estruturas administrativas para o setor de saúde baseadas na realidade apreendida por dados quantitativos; e o esforço da sociedade civil cearense contra a pandemia de COVID-19. Um importante resultado foi o capacete Elmo, um produto que salvou milhares de vidas e ficou conhecido nacionalmente. Na Energia, por sua vez, além de tornar eficiente o consumo das utilidades públicas, desenvolveu-se o projeto Renda do Sol, que leva a produção de energia fotovoltaica para criar renda nas regiões pobres do Estado.

Na Aquicultura e Pesca Artesanal os projetos buscaram criar alternativas de renda para os pescadores combinadas à sustentabilidade dos ecossistemas costeiros. Na Infraestrutura, o programa tem contribuído para o desenvolvimento de tecnologias que auxiliem na melhoria da qualidade às rodovias ofertadas com custos menores e de forma transparente, com potencial de proporcionar ao governo do Ceará milhões de reais em retorno no investimento.

Na Ciência e Tecnologia se produziu a partir da análise de indicadores de produção científica e avaliação dos programas de pós-graduação no estado, um panorama do capital humano que atua na ciência cearense. A Proteção Social desenvolveu projetos interdisciplinares de monitoramento e intervenção em famílias em situação de alta vulnerabilidade, auxiliando a redução indicadores de evasão escolar e melhorando as condições socioemocionais dos jovens.

O Programa Cientista Chefe de Inovação tem aprimorado os processos do Programa Cientista Chefe como um todo, na inovação no setor público e nas políticas públicas de estímulo a inovação, promovendo o apoio a startups e empresas que geram tecnologias inovadoras. No Meio Ambiente, os projetos resultaram em 28 produtos, entre estes, a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da Fauna e da Flora e o Sistema de Informações Geográficas (SIG), representando um suporte científico para a configuração de políticas públicas de meio ambiente que efetivamente possam proteger e fazer uso sustentável dos recursos naturais.

A Transformação Digital contribuiu para a melhoria da qualidade dos serviços públicos através do Ceará App, um canal único de comunicação digital entre o cidadão e o governo. Além disso, a Plataforma Mais Infância e a Plataforma Big Data Social permitem analisar o impacto e reprojetar as políticas públicas de assistência social do Governo.

3. VITRINE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FUNCAP

Dadas as sucessivas crises financeiras e no setor público, defrontamo-nos com muitas situações em que os gestores públicos estão procurando áreas nas quais devem investir mais e nas que possam desinvestir. Desta forma, tornou-se imprescindível fornecer evidências de que os recursos investidos em políticas públicas produzem um retorno claro para a população e o desenvolvimento do estado. Os impactos e suas distribuições no tempo são diversos.

Consciente que os retornos das pesquisas estão distribuídos de forma desigual no tempo e com vistas a demonstrar a eficiência na alocação de recursos, a Funcap aprimora continuamente suas formas de avaliação dos projetos e os resultados gerados pela pesquisa por ela financiada.

As experiências do Programa Cientista Chefe apresentadas neste livro, bem como as demais iniciativas de fomento da Funcap, demandaram a criação de uma Vitrine Científica e Tecnológica, isto é, um meio sistematizado de disseminação das informações para a sociedade com o objetivo de fortalecer a transparência das políticas públicas em CT&I. São dois os propósitos fundamentais: automatizar o processo de análise de financiamento de projetos; e contribuir para a disseminação de dados referentes ao fomento à CT&I pública e privada.

Com isso, dá-se versatilidade aos processos de análise e cria-se transparência sobre os diferentes financiamentos e incentivos ofertados pela Funcap. Combinados, estes objetivos geram informações e conhecimentos que podem subsidiar a pesquisa e a tomada de decisão dos gestores públicos interessados.

A Vitrine da Funcap visa apresentar os dados qualitativos e quantitativos agrupados em função das áreas de fomento da instituição, Ciência e Inovação, bem como do ecossistema de CT&I do Estado do Ceará. Traz para a web os indicadores e a apresentação de resultados em linguagem clara e direcionada aos usuários em potencial: gestores, estudantes, pesquisadores e a sociedade como um todo. Apresenta as áreas de conhecimento do Programa Cientista Chefe, suas metas, recursos

financeiros e humanos envolvidos, bem como a relação desses projetos com macro diretrizes internacionais e locais, como os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e Plano Plurianual (PPA). Os produtos e desdobramentos para as políticas públicas e para o ecossistema de CT&I do Estado ganham visibilidade.

A Vitrine mostra sua relevância como uma solução que cumpre diversos objetivos tanto de avaliação do fomento, como da própria Funcap em sua missão de dar transparência aos investimentos realizados e resultados alcançados, por meio de uma plataforma adaptável ao uso em diferentes telas e disponível 24 horas por dia.

A plataforma em construção possibilitará a visualização de indicadores de interesse agregados como valores investidos no programa, perfil e quantidade de bolsistas, e instituições envolvidas, poderão ser realizadas buscas por dados em função de filtros como, ano/período, distribuição geográfica e área do conhecimento do projeto, dentre outros.

4. LIÇÕES APRENDIDAS

4.1 Contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e para o Plano Plurianual (PPA) do Estado do Ceará

As Nações Unidas, em sua Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (Nações Unidas, 2022), elencou 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com 169 metas, com o intuito de nortear as políticas nacionais para melhoria da qualidade de vida das populações e para busca de um desenvolvimento equitativo e sustentável.

No modelo ideal previsto, todos os ODS devem ser trabalhados igualmente. Os projetos apresentados neste livro se relacionam mais diretamente com algumas áreas específicas, como erradicar a pobreza; assegurar a segurança alimentar e a melhoria da nutrição e uma vida saudável, promover o bem-estar para todos, em todas as idades; assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos; e reduzir a desigualdade nos países e entre eles.

O Programa Cientista Chefe obteve por meio dos projetos desenvolvidos o reconhecimento dos ODS da ONU, que estavam em grande medida combinados com os objetivos do Plano Plurianual (PPA) do Estado do Ceará. As formas como os diferentes programas (i.e., as diferentes áreas do Programa) contribuíram podem ser visualizadas nas Figuras 3a e 3b.



Figura 3a: Relacionamento dos Programas Cientista Chefe com os ODSs. Fonte: Elaborado pelos autores (Funcap Inovação).



Figura 3b: Relacionamento dos Programas Cientista Chefe com o PPA. Fonte: Elaborado pelos autores (Funcap Inovação).

4.2 Efeitos sobre o Ecossistema de Inovação: Interações Empreendedoras entre o Estado, Universidades e Empresas

O êxito do financiamento em CT&I transborda claramente para outras áreas da vida social. Para alavancar ainda mais as potencialidades existentes no estado, a Funcap também tem dedicado atenção especial aos vínculos entre a Ciência e a Inovação Empresarial. O fomento à Inovação Empresarial privilegia uma distribuição geográfica dos investimentos realizados nos programas de fomento Pappe, FIT, Inovafit, Tecnova, Centelha e Conecta, para que as mais diversas regiões do estado sejam contempladas, e isto é verificado a partir dos dados da já referida Vitrine Científica e Tecnológica da Funcap.

Como programa que está na interface entre a inovação pública e a inovação empresarial, destaca-se o Clusters Econômicos de Inovação, iniciativa idealizada e executada conjuntamente pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico (Sedet), pela Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (Adece), pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior (Secitece) e pela Funcap, com a conceção de bolsas para pesquisadores e estudantes empreendedores com projetos de negócios inovadores alinhados às vocações e às demandas econômicas das 14 macrorregiões de planejamento do Ceará. Apoiado diretamente pela Funcap no âmbito do Programa Cientista Chefe de Inovação, o Programa Clusters Econômicos beneficiou diretamente 121 startups em 2 ciclos de atuação, com o objetivo de promover o desenvolvimento local, transferir conhecimentos e favorecer a efervescência de soluções inovadoras nos próprios territórios de atuação.

Entre 2008 e 2022, a Funcap lançou 24 editais de Inovação Empresarial que financiaram 418 projetos que contemplaram 306 empresas de 28 setores econômicos diferentes, perfazendo o total de R$ 83 milhões aplicados. Desde 2016 o Programa de Inovação Empresarial beneficia também bolsistas, alcançando cerca de 145 profissionais entre graduandos, graduados, mestres e doutores, como mostra a Figura 4. Em 2023 a fundação teve proposta aprovada junto à Finep para executar o Programa Tecnova III, com avaliação geral entre as melhores do país. Com isso, haverá o lançamento do maior edital de inovação da sua história, cujos valores podem ultrapassar os R$16 milhões, entre subvenção a projetos e promoção de mentorias para aceleração e internacionalização dos negócios. Ainda em 2023 a Funcap lança um edital para uma Rede de Pesquisa em Energias Renováveis no Estado do Ceará, com destaque ao hidrogênio verde/sustentável, fortalecendo o estado como um importante local de pesquisa, desenvolvimento e inovação, impulsionando a geração de conhecimento, a formação de recursos humanos qualificados e o desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma transição energética sustentável.



Figura 4 – Dados agregados do Programa de Fomento à Inovação Empresarial. Fonte: Elaborado pelos autores (Funcap Inovação).

5. PERSPECTIVAS FUTURAS

O Programa Cientista Chefe tem produzido resultados de valor para a população cearense nas mais diversas áreas de atuação do Estado e, felizmente, já existia quando nos defrontamos com a pandemia, que se tornou um teste rigoroso enfrentado pelos pesquisadores envolvidos e pelo poder público. A Funcap atuou de forma decisiva para desenhar estratégias que aproximassem a construção da excelência científica das necessidades da população. Cientistas de todas as áreas foram convocados a contribuir com um enfrentamento inteligente dos maiores desafios da nossa geração. O Ceará hoje é considerado um estado que combateu seriamente a pandemia, e o Programa Cientista Chefe teve sua contribuição em ações como a previsão e a redução de casos e hospitalizações, a análise de esgotos para detecção do vírus, entre outras, além do desenvolvimento do equipamento Elmo.

O sucesso do Programa evidencia que o financiamento público em CT&I abre um leque de novas oportunidades para a melhoria de produtos e serviços que o governo oferece à população. Para além dos benefícios do Programa para os setores público e privado, a sociedade como um todo se beneficia, e os transbordamentos contribuem diretamente para que o Ceará possa dar continuidade ao seu trajeto em configurar-se com uma economia mais desenvolvida e saudável. Ainda precisamos caminhar em pesquisas para demonstrar claramente que o nível dos retornos financeiros no investimento em pesquisa é plenamente satisfatório. Processos e ferramentas mais precisos e customizados estão sendo desenvolvidos, fazendo uso do próprio ambiente de pesquisa científica na administração pública, de modo a evidenciar para a sociedade aquilo que percebemos em vários dos projetos aqui apresentados, um imenso retorno do investimento público.

Diante de todos os resultados, precisamos avaliar quais os desafios que devem ser enfrentados no futuro com auxílio da ciência, e quanto e como investir em ciência para estarmos preparados para este enfrentamento. Os impactos que a ciência pode proporcionar para a sociedade nem sempre são imediatos e facilmente detectáveis. O impacto positivo da ciência para a inovação empresarial é amplamente reconhecido (Jugend, 2018), mas também é necessário entender e, quando possível, mensurar, quais

os impactos para a sociedade como um todo. Mais importante ainda, e isto tem sido prioridade no Programa Cientista Chefe, as inovações resultantes do investimento público devem ajudar a resolver problemas enfrentados pela sociedade cearense, exercendo um papel central na resolução dos grandes desafios, nos quais os atores públicos e privados estarão envolvidos na busca de soluções. Atrelado a esta busca também é necessário criar oportunidades de negócios e de desenvolvimento econômico no Estado. Nos próximos anos, trabalharemos para tornar ainda mais criativos e eficientes os investimentos na produção de conhecimento e na aproximação entre academia e governo para a aplicação deste conhecimento.

Foi produzido no Ceará uma engenharia institucional capaz de fortalecer tanto os órgãos públicos quanto a pesquisa testada e aplicada diretamente. Este processo intensamente cooperativo possibilita, a um só tempo, o acesso a uma grande quantidade de dados para estudos e um extraordinário teste da aplicabilidade do conhecimento no mundo real. No percurso, a importância da pesquisa científica passa a ser melhor percebida pela sociedade e aprimoramos a formação e a atração de pessoal qualificado em áreas-chave para o desenvolvimento do Ceará e o bem-estar dos cearenses.

O desafio para sedimentar o Programa Cientista Chefe, por meio do empreendedorismo institucional da Funcap, tem sido enorme, mas podemos declarar, e mostramos evidências neste livro, que inovar na arquitetura do fomento, alinhando ações de dentro das universidades com órgãos estratégicos, tem gerado grandes retornos, tanto científicos quanto perceptíveis por gestores públicos e pela população. Os resultados apresentados não seriam obtidos no antigo modelo de financiamento. O programa não retira pesquisadores de suas linhas de pesquisa, mas os aproxima dos anseios da sociedade, ao facilitar a construção de parcerias entre a universidade e o poder público.

Acreditamos que este livro possa inspirar um Programa nacional, no âmbito, por exemplo, do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI), por meio de seus órgãos (CNPq ou Finep), ou do Ministério da Educação (MEC), por meio da Capes, em parceria com as FAPs em diversos estados, e contando com o envolvimento direto de ministérios estratégicos, capazes de estabelecer núcleos de pesquisa para qualificar suas demandas, monitorar e contribuir para a criação e execução de projetos científicos junto aos pesquisadores da academia. Tal composição ampliaria o costumeiro público do MCTI ou do MEC/Capes, que produz ciência avançada em muitas áreas. Ao integrar o conhecimento produzido às demandas sociais, potencializa-se a transformação da administração pública, desde que haja uma efetiva harmonia com os órgãos públicos. É premente a necessidade de projetos de natureza científica e de pesquisadores de alto nível interagindo com os órgãos públicos, pois assim, qualificaremos de forma mais eficiente as nossas políticas públicas.

O desafio é complexo e o fortalecimento institucional é o caminho buscado. Eis, então, a instigação para as diferentes esferas de poder: inovar no fomento, alinhando ações das Agências de CT&I com órgãos estratégicos, via um arcabouço institucional capaz de fazer uso eficiente da ciência, de modo que ela se converta na força capaz de desenvolver o nosso país nas perspectivas econômica e social.

Referências bibliográficas

Bloom, N., Van Reenen, J., & Williams, H. A toolkit of policies to promote innovation. Journal of economic perspectives, 33(3), 163-84, 2019.

Dabic, M., Svarc, J., & González-Loureiro, M. Entrepreneurial universities in innovation-seeking countries: challenges and opportunities, 2018.

Goolsbee, A., & Jones, B. F. Innovation and Public Policy, Chicago: University of Chicago Press, 2022.

Grimaldi, R., Kenney, M., Siegel, D. S., & Wright, M. 30 years after Bayh–Dole: Reassessing academic entrepreneurship. Research policy, 40(8), 1045-1057, 2011.

He, J., & Tian, X. Institutions and innovation: A review of recent literature. Annual Review of Financial Economics, 2020.

Jugend, D., Jabbour, C. J. C., Scaliza, J. A. A., Rocha, R. S., Junior, J. A. G., Latan, H., & Salgado, M. H. Relationships among open innovation, innovative performance, government support and firm size: Comparing Brazilian firms embracing different levels of radicalism in innovation. Technovation, 74, 54-65, 2018.

Leedy, P. D., & Ormrod, J. E. Practical research (Vol. 108). Saddle River, NJ, USA: Pearson Custom, 2005.

Mazzucato, M. The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths, London: Anthem Press, 2013.

Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: < https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em 12/dez/2022.

ANEXO I – FORMAÇÃO DE RECUROS HUMANOS

Este anexo apresenta quadro resumo das contribuições com recursos humanos de todos os programas do Cientista Chefe.



Figura 1: Fonte: Elaborado pelos autores (Funcap Inovação).

ANEXO II – LEI ESTADUAL 17378

Editoração Casa Civil
CEARÁ
DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO

Fortaleza, 04 de janeiro de 2021 | SÉRIE 3 | ANO XIII Nº002 | Caderno Único | Preço: R$ 18,73

PODER EXECUTIVO

LEI Nº17.378, 4 de janeiro de 2021.

INSTITUI, NO ÂMBITO DO ESTADO DO CEARÁ, O PROGRAMA Cientista Chefe.

O GOVERNADOR DO ESTADO DO CEARÁ Faço saber que a Assembleia Legislativa decretou e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1.º Fica instituído, no âmbito da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Funcap, o Programa Cientista-Chefe, que tem como objetivo articular a pesquisa científica desenvolvida nas Instituições de Ensino Superior com sede no Estado com as demandas da gestão pública, em benefício da sociedade, mediante mecanismos que permitam a atuação de cientistas diretamente em órgãos da administração pública, sem retirá-los da atividade acadêmica, de forma a efetuar a aproximação almejada.

Art. 2.º O Programa Cientista Chefe promoverá, de forma sistemática e gradual, a introdução e aplicação do conhecimento científico nas áreas de atuação do Estado, por meio da inovação, disseminação e transferência da tecnologia na modernização e no aperfeiçoamento das políticas públicas e tomada de decisão, pelo aprimoramento do uso do conhecimento e da inteligência científica nessas esferas.

Art. 3.º As áreas que comporão o Programa Cientista Chefe serão definidas pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Funcap, levando em conta a sua importância estratégica, seu potencial de beneficiamento pelo concurso da ciência e a estrutura técnica dos órgãos e das entidades envolvidas.

Parágrafo único. A definição das áreas a que se refere este artigo dar-se-á a partir de projetos apresentados à Funcap pelos órgãos ou pelas entidades da Administração estadual interessados em participar do Programa.

Art. 4.º Para adesão ao programa Cientista Chefe, o dirigente máximo do órgão ou ente da Administração Pública Estadual à qual está afeita deverá apresentar requerimento escrito para a Funcap.

§ 1.º O solicitante de adesão ao Programa Cientista Chefe deverá indicar pesquisadores para coordenar a ação de pesquisa na sua área.

§ 2.º O pesquisador-coordenador será escolhido dentre pesquisadores sêniores com expertise técnica e competência acadêmica na área em que for designado para atuar.

§ 3.º O pesquisador-coordenador deverá elaborar um plano de atuação especificando as atividades que serão desenvolvidas junto aos órgãos envolvidos no programa.

§ 4.º A indicação deverá ser encaminhada à Funcap com o currículo lattes do pesquisador indicado e o plano de atuação, à qual caberá realizar a análise do mérito técnico científico do pesquisador e sua adequação à tarefa, assim como a análise técnica do plano de atuação.

§ 5.º Como parte do plano de atuação, o pesquisador poderá indicar um grupo de pesquisadores para compor sua equipe interna imediata.

Art. 5.º Para que o pesquisador-coordenador, indicado nos termos do art. 4º desta Lei, seja designado como Cientista Chefe da área correspondente, a Funcap procederá exame adicional do seu perfil, considerando a avaliação da sua senioridade científica e acadêmica comprovada por elementos concretos, tais como publicações científicas em veículos renomados, orientações de teses e dissertações e o reconhecimento da comunidade expressa por títulos, premiações e bolsa do CNPQ.

Parágrafo único. O pesquisador-coordenador, independentemente da designação como Cientista Chefe, deverá cumprir com as atribuições e obrigações dispostas nesta Lei.

Art. 6.º Caberá ao Cientista Chefe identificar necessidades, problemas e oportunidades para aplicação da ciência e propor ações de caráter científico, capazes de efetivar essas aplicações, cabendo-lhe, ainda, propor projetos de pesquisa aplicada, devidamente alinhados com os objetivos e as estratégias de atuação do órgão ou ente junto ao qual atua.

Parágrafo único. Os projetos assim definidos deverão, com a anuência do dirigente máximo do órgão ou da entidade, ser encaminhados à Funcap para análise e definição do seu financiamento.

Art. 7.º No apoio aos projetos do Programa Cientista Chefe, a Funcap deverá atuar na modalidade de ação induzida, tendo em vista a necessidade de assegurar a sua aplicabilidade e adoção dos resultados obtidos.

Parágrafo único. Para o apoio a projetos demandados pelo Programa Cientista Chefe, poderá a Funcap optar por atuar também na mo dalidade de chamadas públicas dirigidas à comunidade científica por meio de editais.

Art. 8.º Competirá ao Cientista Chefe:

I – atuar em regime de tempo parcial junto aos órgãos e às entidades da Administração Pública Estadual ligados à sua função;

II – supervisionar todos os projetos em curso no âmbito do programa em sua área de atuação;

III – apresentar relatórios periódicos sobre as atividades desenvolvidas no âmbito dos projetos sob sua supervisão e das respectivas equipes envolvidas, com a aferição das metas, dos resultados e produtos obtidos.

Art. 9.º A Funcap constituirá uma câmara de inovação pública para analisar e julgar os projetos de pesquisa relacionados ao Programa Cientista Chefe.

Parágrafo único. A seleção dos projetos submetidos à Funcap obedecerá a análises e avaliações em etapas sucessivas que incluem:

I – análise técnica preliminar pela Diretoria de Inovação da Funcap;

II – análise técnica pela Câmara Consultiva de Inovação Pública com auxílio de consultores ad hoc;

III – análise de viabilidade pela Diretoria da Funcap.

Art. 10. Os projetos aprovados deverão ser monitorados pelo órgão/instituição onde serão executados, sendo obrigatória a apresentação de relatórios técnicos de execução à Funcap quando solicitado e/ou conforme o cronograma estabelecido.

Art. 11. A Funcap acompanhará, por meio da análise dos relatórios de execução do objeto (parcial e final) apresentado pelo coordenador, os quais deverão descrever o conjunto das atividades realizadas, as metas alcançadas e os produtos entregues.

§ 1.º A não entrega ou a entrega incompleta dos relatórios parciais do coordenador poderá levar à suspensão do pagamento do auxílio e das bolsas.

§ 2.º A Funcap reserva-se no direito de, durante a execução do projeto, promover visitas técnicas ou solicitar informações adicionais visando aperfeiçoar o sistema de avaliação e acompanhamento.

§ 3.º No prazo de até 60 (sessenta) dias após o término da vigência do projeto, em conformidade com o Termo de Concessão de Auxílio a Projeto de Pesquisa e com as normas da Funcap, o coordenador do projeto deverá encaminhar:

I – relatório de Execução do Objeto Final, com detalhamento de todas as atividades desenvolvidas, as metas alcançadas e os produtos entregues durante a execução do Projeto apoiado e o registro de todas as ocorrências que afetaram o seu desenvolvimento;

II – relatório de Execução Financeira dos recursos concedidos.

§ 4.º O Relatório de Execução Financeira deverá ser apresentado de acordo com o disposto no Termo de Concessão de Auxílio a Projeto de Pesquisa

Governador
CAMILO SOBREIRA DE SANTANA
Vice-Governadora
MARIA IZOLDA CELA DE ARRUDA COELHO
Casa Civil
FRANCISCO DAS CHAGAS CIPRIANO VIEIRA
Procuradoria Geral do Estado
JUVÊNCIO VASCONCELOS VIANA
Controladoria e Ouvidoria-Geral do Estado
ALOÍSIO BARBOSA DE CARVALHO NETO
Secretaria de Administração Penitenciária
LUÍS MAURO ALBUQUERQUE ARAÚJO
Secretaria das Cidades
JOSÉ JÁCOME CARNEIRO ALBUQUERQUE
Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior
INÁCIO FRANCISCO DE ASSIS NUNES ARRUDA
Secretaria da Cultura
FABIANO DOS SANTOS
Secretaria do Desenvolvimento Agrário
FRANCISCO DE ASSIS DINIZ
Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho
FRANCISCO DE QUEIROZ MAIA JÚNIOR
Secretaria da Educação
ELIANA NUNES ESTRELA
Secretaria do Esporte e Juventude
ROGÉRIO NOGUEIRA PINHEIRO
Secretaria da Fazenda
FERNANDA MARA DE OLIVEIRA MACEDO CARNEIRO PACOBAHYBA
Secretaria da Infraestrutura
LUCIO FERREIRA GOMES
Secretaria do Meio Ambiente
ARTUR JOSÉ VIEIRA BRUNO
Secretaria do Planejamento e Gestão
CARLOS MAURO BENEVIDES FILHO
Secretaria da Proteção Social, Justiça, Cidadania, Mulheres e Direitos Humanos
MARIA DO PERPÉTUO SOCORRO FRANÇA PINTO
Secretaria dos Recursos Hídricos
FRANCISCO JOSÉ COELHO TEIXEIRA
Secretaria da Saúde
CARLOS ROBERTO MARTINS RODRIGUES SOBRINHO
Secretaria da Segurança Pública e Defesa Social
SANDRO LUCIANO CARON DE MORAES
Secretaria do Turismo
ARIALDO DE MELLO PINHO
Controladoria Geral de Disciplina dos Órgãos de Segurança Pública e Sistema Penitenciário
RODRIGO BONA CARNEIRO

e com as normas de Prestação de Contas disponíveis na página da Funcap (www.funcap.ce.gov.br).

Art. 12. Os membros da equipe do projeto, inclusive o Cientista-Chefe, receberão, tendo em vista os compromissos que são assumidos pela sua participação no projeto, em correspondência com sua qualificação, Bolsa de Inovação Tecnológica – BIT ou Bolsa de Pesquisador Associado – BPA, conforme instruções normativas da Funcap.

§ 1.º Em casos específicos, havendo compatibilidade de horários e após aprovação do Conselho Executivo da Funcap, ocupantes de cargos de provimento em comissão dos quadros da Administração Pública Estadual poderão exercer as funções de Cientista Chefe, não fazendo jus, contudo, à percepção da bolsa a que se refere o caput deste artigo.

§ 2.º A restrição prevista na última parte do § 1.º deste artigo, não se aplica a professores integrantes dos quadros de universidades públicas.

Art. 13. A Funcap poderá cancelar ou suspender o pagamento da bolsa a qualquer momento, caso seja constatado o não cumprimento, por parte do órgão ou da entidade da Administração Pública beneficiada e/ou da equipe executora, do constante nesta Lei e nas demais normas aplicáveis.

§ 1.º Constatada a ocorrência de indícios de irregularidade na concessão da bolsa, a Funcap solicitará, na forma da legislação, a devolução dos valores pagos em proveito do beneficiário e poderá instaurar tomada de contas especial, sem prejuízo da propositura de ação judicial e da aplicabilidade das demais sanções administrativas, cíveis e penais cabíveis.

§ 2.º O Cientista Chefe ou o coordenador do projeto também poderão ser responsabilizados solidariamente pelo disposto no caput deste artigo, desde que evidenciada desídia ou má-fé.

Art. 14. A propriedade intelectual dos produtos resultantes dos projetos desenvolvidos no âmbito do Programa Cientista Chefe e a participação nos resultados da sua exploração serão compartilhadas entre a Funcap, as instituições partícipes e os pesquisadores envolvidos, de acordo com o que for definido no termo de concessão de auxílio.

§ 1.º Caso o termo de concessão de auxílio a que se refere o caput deste artigo, seja omisso em relação ao compartilhamento, a propriedade intelectual será da Funcap.

§ 2.º Independente de quais termos forem avençados em relação à propriedade intelectual, órgãos e entes do Estado do Ceará terão garantido, sem ônus, o direito de uso dos produtos resultantes do Programa Cientista-Chefe e a posse dos resultados desenvolvidos sob a forma de dados, fórmulas, documentos e código fonte.

§ 3.º A Funcap poderá ceder, desde que de forma justificada, com ou sem ônus, os direitos de exploração das criações resultantes dos projetos desenvolvidos no âmbito do Programa Cientista- Chefe.

Art. 15. Os bens adquiridos no âmbito do Programa Cientista Chefe poderão ser compartilhados entre as instituições partícipes, incorporando-se aos respectivos patrimônios, na forma e nas condições estabelecidas pela Funcap, no termo de outorga e/ou termo de concessão de auxílio, considerados sempre o interesse público e o juízo de conveniência em torno do local que melhores condições ofereçam de instalação, uso e manutenção dos equipamentos.

Art. 16. Fica acrescido o art. 3.º-A à Lei n.º 13.476, de 20 de maio de 2004, com a seguinte redação:

"Art. 3.º-A. Os bens adquiridos pela Funcap poderão ser doados a pessoas jurídicas públicas ou privadas sem fins lucrativos, desde que sejam destinados ao desenvolvimento da pesquisa científica, tecnológica ou da inovação, observado, para sua formalização, o disposto no § 1.º dos arts. 1.º e 3.º desta Lei." (NR)

Art. 17. As questões operacionais relativas à execução do Programa Cientista Chefe poderão ser disciplinadas em instrução normativa expedida pela Funcap ou resolvidas por seu Conselho Deliberativo.

Art. 18. A Funcap deverá manter, em seu sítio eletrônico oficial, informações atualizadas referentes à execução do Programa Cientista Chefe, contendo os planos de atuação selecionados e os pesquisadores indicados, os órgãos ou entes da Administração Pública a eles vinculados, os resultados e os produtos resultantes dos projetos desenvolvidos, sem prejuízo da publicização de outras informações relevantes à publicidade do programa.

Art. 19. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 20. Revogam-se as disposições em contrário.

PALÁCIO DA ABOLIÇÃO, DO GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, em Fortaleza, 04 de janeiro de 2021.

Camilo Sobreira de Santana
GOVERNADOR DO ESTADO

*** *** ***

ANEXO III – SISTEMÁTICA DO PROGRAMA CIENTISTA CHEFE

Este livro contou a história da criação e da ascensão de um Programa de Inovação Pública no estado do Ceará. Mostrou-se como é possível o redesenho de formas de fomento de modo a melhor atender às aspirações da sociedade, a partir de uma efetiva integração entre o poder público e a academia. Ainda que este tipo de implantação envolva particularidades de cada localidade, com o intuito de tentar atender demandas de inúmeras visitas e indagações que recebemos na Funcap sobre aspectos de operacionalização do Programa, apresentamos a seguir um resumo de como ele funciona na prática.

Delineia-se, então, o processo de construção de um Programa Cientista Chefe em uma área específica de conhecimento, clarificando quais as diferentes fases deste processo, desde a discussão das ideias iniciais e das problemáticas enfrentadas junto aos órgãos demandantes do poder público, passando pelo processo de avaliação e aprovação de meta projetos e subprojetos, até a colheita dos resultados advindos da execução. A Figura 2 apresenta a estrutura sistemática de articulação, proposição de propostas, avaliação e aprovação de propostas do programa Cientista Chefe, destacando os entes diretamente envolvidos no processo.

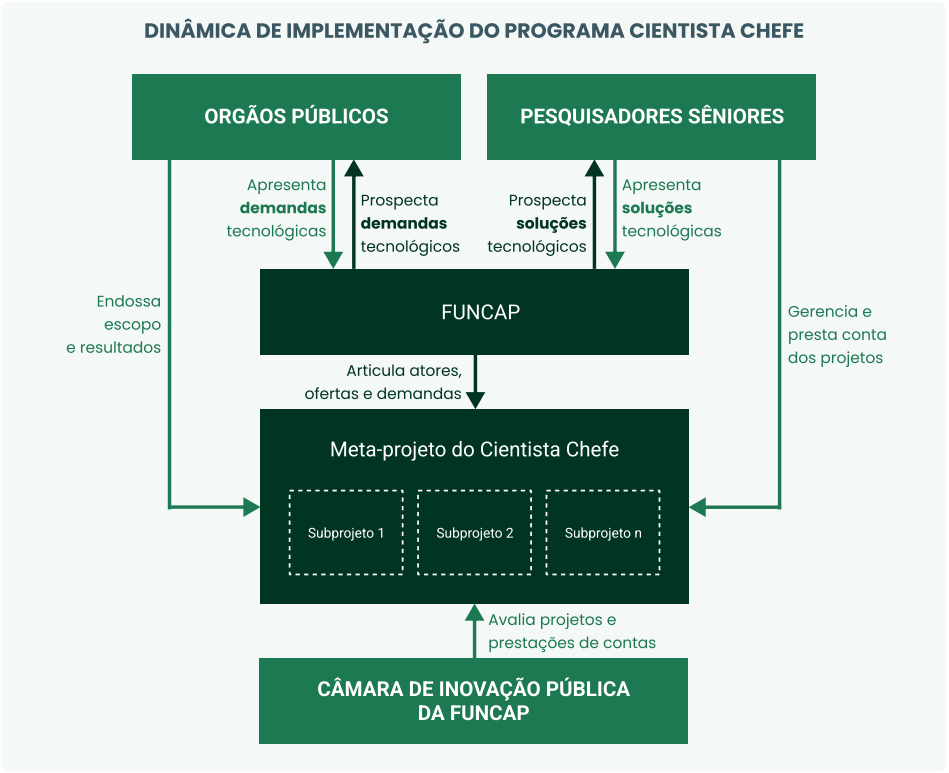


Figura 2: Sistemática do Programa Cientista Chefe. Fonte: Elaborado pelos autores (Funcap Inovação).

Conforme aborda a Figura 2, o processo é iniciado com a busca por demandas concretas junto a órgãos do governo que suscitem inovações que beneficiem políticas públicas. Essa busca é feita de forma articulada entre a Funcap e os próprios órgãos, de forma flexível, sem Chamada ou Edital. Sabemos que os atores que lidam diretamente com a administração pública conhecem melhor quais são seus problemas e quais são os gargalos nos processos diários. Por isto, é impossível imaginar soluções eficazes para os problemas da administração pública sem a participação deles. Mas isso não significa que experiência e iniciativa internas sejam tudo o que é necessário. Movidos por este entendimento, o Programa Cientista Chefe estimula, desde a fase de concepção dos projetos, criar entre os pesquisadores e os órgãos públicos os fundamentos para a confiança mútua e para uma efetiva colaboração em prol da inovação durante todas as fases do programa.

Uma vez identificadas as demandas, mesmo que ainda com escopo ampliado e passíveis de melhor qualificação, são prospectados pesquisadores sêniores junto a instituições acadêmicas renomadas, sendo estes profissionais compreendidos como portadores de notório saber e experiência nas áreas do conhecimento objetos das demandas e capazes de conceber e liderar projetos de inovação. O processo de discussão interna acerca dos problemas enfrentados, dos objetivos estratégicos e das possíveis soluções inovadoras buscadas são continuadas pelas lideranças e pelas equipes técnicas do órgão demandante, já com a participação inicial do pesquisador prospectado e de forma articulada com a Funcap.

Com este ponto de partida, o projeto a ser proposto começa a ser construído. Vale destacar que essa interação inicial dos pesquisadores com os agentes dos órgãos públicos facilita o compartilhamento do conhecimento sobre os desafios enfrentados, as respectivas políticas e as ambições que permeiam as estratégias conjuntas de ação. Abre-se, assim, o caminho para se construir uma harmonia entre os projetos de pesquisa e as políticas e as estratégias dos órgãos de estado. Essa interação inicial é, então, consubstanciada com a elaboração de uma proposta de inovação pública denominada como "meta projeto", tendo equipe constituída pelo próprio pesquisador sênior junto a uma equipe inicial reduzida de pesquisadores.

Na sequência, uma vez encaminhado formalmente à Diretoria de Inovação da Funcap, o meta projeto é submetido para avaliação colegiada da Câmara de Inovação Pública, órgão interno criado sob a égide da Lei nº 17.378, conforme apresentado no Anexo IV, tendo autonomia para rejeitar, aprovar e solicitar ajustes ao pesquisador proponente. Uma vez aprovado, cria-se então a figura do Cientista Chefe que atuará diretamente junto ao órgão público demandante na área do conhecimento de interesse para as políticas públicas do Estado. Nesta fase, pode-se financiar o meta projeto durante alguns meses (como uma espécie de "pré-projeto") com bolsas para o candidato a Cientista Chefe e mais alguns poucos pesquisadores (equipe de cerca de 3 pesquisadores no total).

Com o avanço da qualificação de demandas e o aprofundamento da interação da equipe de acadêmicos com os técnicos do órgão público demandante, o meta projeto é desdobrado em subprojetos com escopo, equipe, entregas, metodologia,

cronograma e orçamento específicos, tendo estrutura balizada por modelo de proposta disponibilizado no sítio eletrônico da Funcap. Os subprojetos podem ser coordenados diretamente pelo Cientista Chefe ou por outro pesquisador designado. Destarte, a equipe de acadêmicos dedicada à criação de soluções inovadores para o órgão demandante é ampliada, mediante disponibilidade orçamentária e aprovação individual de cada subprojeto pela Câmara de Inovação Pública. Os itens financiáveis dos projetos são despesas de custeio e despesas de capital, sendo a Tabela de Bolsas de Inovação Tecnológica (BIT) da Funcap utilizada como padrão para balizar a remuneração dos pesquisadores da equipe.

Ressalta-se que, diferentemente dos projetos puramente científicos e do fomento à inovação empresarial, o Programa Cientista Chefe não utiliza editais. A aprovação do projeto requer uma demonstração de aplicabilidade efetiva e consequente para os resultados das pesquisas a serem efetuadas. Para o candidato à posição de Cientista Chefe e para sua equipe, a Funcap requer um histórico de experiência profissional, de pesquisas e de publicações, que demonstre o seu potencial para execução do projeto. Nesse sentido, aqui contrastamos este processo com o fomento à inovação empresarial. Nesta última, a Funcap não interfere na escolha da equipe executora, sendo definida pela própria empresa proponente. No caso do Cientista Chefe, toda a equipe precisa ser aprovada pela Funcap a partir de credenciais acadêmicas e profissionais bem estabelecidas na comunidade científica. Estes são critérios decisivos na aprovação das propostas. Além da cooperação clara entre a academia e o órgão público, a fim de assegurar que os projetos apresentem, de forma clara e bem definida, metas a serem cumpridas e produtos a serem entregues no curso ou ao cabo da sua execução.

Por fim, os projetos aprovados passam para a execução e são acompanhados pelo órgão/instituição onde são executados, sendo obrigatória a apresentação de relatórios técnicos parciais e final pelos respectivos coordenadores para apreciação da Câmara de Inovação Pública da Funcap.

Reflexões Finais

Muitos dos projetos desenvolvidos no âmbito do Cientista Chefe têm como objetivo final a melhoria dos serviços oferecidos à população. Os meios têm sido os mais variados. Alguns projetos oferecem o desenvolvimento de produtos que, ao serem utilizados, melhoram sensivelmente os serviços ofertados. Por exemplo, o desenvolvimento de softwares, apesar de serem produtos de uns determinados projetos, são usados na melhoria dos serviços na saúde, na educação, ou na segurança pública. Há também projetos de desenvolvimento rural para criação de renda. Outros, ainda, aumentam a influência decisória da população sobre as políticas públicas, assim como melhor informam os políticos das condições em tempo real e na forma de previsões. Os 21 Cientistas Chefes produzem uma variedade ampla de produtos e resultados que devem ser avaliados e as ferramentas para tal ainda estão em processo de desenvolvimento.

Estes têm sido os primeiros anos da experiência com o Programa Cientista Chefe. Ainda há muito o que aprender por meio do experimentalismo contínuo que o programa proporciona. Todos os envolvidos aprendem conforme suas pesquisas e com base nas tentativas para melhorar a administração pública. Aprendem com a experiência conjunta das organizações e dos atores envolvidos além de seu alcance imediato. A Funcap iniciou o Programa integrando a academia e a administração pública, mas as trocas de conhecimento são ampliadas para diferentes esferas públicas, sociais, grupos de pesquisa em outros estados e países, e para empresas, sendo um elo importante para a inovação, sobretudo para customizar e dar aplicabilidade a alguns dos desenvolvimentos realizados. Para isto, é importante estabelecer indicadores-chave que possam apontar a eficiência e a eficácia dos diferentes projetos e fortalecer as interações entre projetos e entre os diferentes Cientistas Chefes e suas equipes. Para tal, está em processo de desenvolvimento a Vitrine da Funcap de forma a conferir ainda mais visibilidade e transparências aos programas científicos e de inovação empresarial e pública, com destaque ao Cientista Chefe. Ainda, há uma expressiva quantidade de dados, informações e ferramentas no âmbito do Estado que já estão sendo utilizados pelos diversos órgãos, havendo ainda espaço para serem aproveitados de forma transversal com vistas a uma maior integração das ações do poder público. Finalmente, compreende-se que processo de amadurecimento dos mecanismos de monitoramento deverá continuar sendo perseguido pela Funcap nos anos vindouros.


PROGRAMA
CIENTISTA
CHEFE

Frontier research conducted by universities can transform societies. However, for this to happen, the research must be tailored and transferred to public sector agencies to implement policy. The state of Ceará has created a new model to facilitate this transformation. Regional governments in developing countries should carefully study this book to understand Ceará's innovative framework.
Amit Khamdelwal | Yale University Professor, Estados Unidos.

Ciência aplicada para resolver problemas da comunidade: este o tema deste livro. Da promoção de maior segurança pública à atividade da pesca, passando por saúde pública, transformação digital e muitos outros. Cada capítulo detalha um desafio específico e os mecanismos adotados para enfrentá-lo. O estado do Ceará inova na integração abrangente entre ciência e política pública. Assim como na transparência dos métodos adotados, o que permite seu aperfeiçoamento contínuo. Exemplo a ser copiado.
Marcos Lisboa | Economista.

La sinergia entre el gobierno y sus universidades locales puede ser un importante mecanismo para mejorar la eficacia de la gestión pública. Ceará, concibió una iniciativa de innovación pública robusta y exitosa: el Programa Cientista Jefe de FUNCAP. Las universidades regionales de Chile buscan replicar la experiencia para fortalecer los nacientes gobiernos regionales. Otras regiones latinoamericanas probablemente seguirán su ejemplo.
Patricio Vergara | Investigador Visitante PGPG Universidad de Atacama, Chile.

O Programa Cientista Chefe, com o apoio da Secitece e do Governo do Estado, é uma iniciativa inovadora da Funcap, alinhando a ciência às necessidades da administração pública. Órgãos do governo contam com a colaboração de pesquisadores na busca de respostas na ciência para as atividades relacionadas às boas práticas de governança e ao bem estar social. Assim, fortalecemos a pesquisa e os sistemas estaduais e nacional de C&T, bem como a articulação entre eles. Vida longa ao Programa Cientista Chefe no Ceará!
Sandra Monteiro | Secretária de Ciência, Tecnologia e Educação Superior do Ceará.

FUNCAP

PROGRAMA CIENTISTA CHEFE

EDITORA Imprensa Universitária da UFC