

Relatório de Gestão do CPqD
relativo ao Plano de Aplicação de Recursos
Exercício 2023

FUNTTEL

VOLUME 1

**SUMÁRIO EXECUTIVO DO RELATÓRIO DE
GESTÃO DE 2023**





Sumário Executivo
Edição: 1.0 Janeiro de 2024
Número de páginas: 28

© CPqD – Todos os direitos reservados

CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
R. Dr. Ricardo Benetton Martins, 1.000 – Parque II do Polo de Alta Tecnologia
CEP 13086-902 – Campinas – SP - Brasil
www.cpqd.com.br

JANEIRO DE 2024

Edição 1.0, referente ao Sumário Executivo.

1	SUMÁRIO EXECUTIVO	1
1.1	Introdução	1
1.2	PROJETO INCLUSÃO DIGITAL DE COMUNIDADES REMOTAS – TECNOLOGIAS DE MONITORAÇÃO E GERÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE ACESSO À INTERNET NAS ESCOLAS - INDIESC	3
1.3	PROJETO GESTÃO 4.0 DE TELECOM - GR 4.0	4
1.4	PROJETO AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA REDES FUTURAS - AERF	7
1.5	PROJETO PLATAFORMA 5G BR - PLAT5G	9
1.6	PROJETO SISTEMAS ÓPTICOS EM 1 Tb/s PARA INTERNET DO FUTURO – FASE 2 TERANET2	12
1.7	PROJETO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS E METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA PARA REDES E APLICAÇÕES DE GOVERNO DIGITAL - TECSEG	15
1.8	PROJETO PLATAFORMA DE INOVAÇÃO DIGITAL DE REFERÊNCIA PARA UMA AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL EM PEQUENOS E MÉDIOS PRODUTORES - SEMEAR-018	
1.9	PROJETO REDES ÓPTICAS DE TRANSPORTE, ACESSO E <i>XHAUL</i> - ROTA-X	20
1.10	PROJETO SEGURANÇA, PRIVACIDADE, INCLUSÃO QUALIDADE NA TELEMEDICINA NO CONTEXTO DA WEB3.0 - 5GSAUDE	22
1.11	Indicadores	24
1.11.1	Indicadores consolidados de todos os projetos	24
1.11.2	Indicadores por projeto	25

1 Sumário Executivo

1.1 Introdução

Este documento fornece subsídios técnicos para que o Conselho Gestor do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações - Funttel promova a análise dos resultados alcançados em 2023, em razão da execução do Plano de Aplicação de Recursos – PAR da Fundação CPQD.

Cabe ao Conselho, órgão colegiado que desempenha papel estratégico em relação à política pública implementada por meio do Fundo, acompanhar a execução do PAR, conforme determina o inciso II do art. 3º da Lei nº 10.052, de 28 de novembro de 2000 – lei que instituiu o Funttel, e monitorar e avaliar os resultados da aplicação de recursos do Fundo.

Assim, a apresentação deste Relatório atende ao disposto no §4º do art. 6º da Lei nº 10.052, de 2000, e no art. 33 da Resolução nº 66, de 28 de outubro de 2010, do Conselho Gestor do Funttel. É por meio deste documento que a Fundação CPQD presta contas ao Conselho Gestor, apresentando os projetos em andamento ou concluídos no exercício, bem como as considerações a respeito das ações empreendidas e dos resultados obtidos com a aplicação de recursos do Fundo.

Dessa forma, o Relatório contém a execução físico-financeiro dos projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico realizados durante o ano de 2023 pela Fundação CPQD com recursos do Funttel a ela alocados diretamente, conforme aprovados pelo Conselho Gestor do Funttel. É constituído por dois volumes:

- **VOLUME 1**, intitulado “**SUMÁRIO EXECUTIVO DE GESTÃO DE 2023**”, com apresentação das principais informações relacionadas à execução física de cada projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) durante o ano de 2023, bem como dos demonstrativos consolidados da execução financeira desses projetos.
- **VOLUME 2**, intitulado “**RELATÓRIO DE GESTÃO DE 2023**”, constituído de duas partes:
 - Uma, intitulada “**RELATÓRIO DA EXECUÇÃO FÍSICA DE 2023**”, com apresentação dos detalhamentos da execução física em 2023, por projeto P&D, entre outros, dos seus objetivos, das suas atividades e metas realizadas, dos seus resultados obtidos, dos seus Indicadores de Progresso; e
 - Outra parte, intitulada “**RELATÓRIO DA EXECUÇÃO FINANCEIRA DE 2023**”, com a apresentação dos detalhamentos da execução financeira mensal de 2023, por projeto de P&D, compreendendo as suas Fontes de recursos (saldo inicial, liberações financeiras recebidas e rendimentos de aplicações financeiras), bem como os seus Usos (despesas de infraestrutura e suporte à atividade de P&D, despesas administrativas e demais despesas de custeio e de capital).

O **VOLUME 1 – SUMÁRIO EXECUTIVO DE GESTÃO DE 2023** apresenta as informações referentes aos seguintes projetos:

- a. PROJETO INCLUSÃO DE COMUNIDADES REMOTAS - INDIESC;
- b. PROJETO GESTÃO 4.0 DE TELECOM - GR 4.0;
- c. PROJETO AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA REDES FUTURAS - AERF;
- d. PROJETO PLATAFORMA 5G BR - PLAT5G;
- e. PROJETO SISTEMAS ÓPTICOS EM 1 Tb/s PARA INTERNET DO FUTURO – FASE 2 - TERANET2;
- f. PROJETO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS E METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA PARA REDES E APLICAÇÕES DE GOVERNO DIGITAL - TECSEG;
- g. PROJETO PLATAFORMA DE INOVAÇÃO DIGITAL DE REFERÊNCIA PARA UMA AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL EM PEQUENOS E MÉDIOS PRODUTORES - SEMEAR-0;
- h. PROJETO REDES ÓPTICAS DE TRANSPORTE, ACESSO E XHAUL - ROTA-X;
- i. PROJETO SEGURANÇA, PRIVACIDADE, INCLUSÃO QUALIDADE NA TELEMEDICINA NO CONTEXTO DA WEB3.0 - 5GSAUDE.

1.2 PROJETO INCLUSÃO DIGITAL DE COMUNIDADES REMOTAS – TECNOLOGIAS DE MONITORAÇÃO E GERÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE ACESSO À INTERNET NAS ESCOLAS - INDIESC

O contexto

O projeto foi iniciado em dezembro de 2022 com o objetivo de desenvolver e implementar um sistema de monitoramento para os equipamentos de conversão e armazenamento de energia em Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente. (SIGFI). Quando esses sistemas atendem escolas com difícil acesso logístico, em regiões que por característica são muito isoladas, há a possibilidade de se instalar sistemas de comunicação via satélite para dar acesso à internet aos frequentadores dessas escolas.

O projeto pretende aproveitar essa infraestrutura de telecomunicações para verificar desenvolver e implementar um sistema de monitoramento remoto que indique o status de funcionamento dos principais componentes do sistema de geração, controladores de carga, inversores fotovoltaicos e baterias. Disponibilizando essas informações em uma plataforma de gerência de informações para que operadores e mantenedores possam então verificar como está o funcionamento ou a eventual necessidade de uma manutenção corretiva.

A logística de atendimentos dessas unidades consumidoras tende a ser de difícil acesso, esse sistema de monitoramento pode viabilizar ações de manutenção mais assertivas e preditivas.

As Atividades

Para estar em consonância com o estado atual de projetos de SIGFIs o projeto optou por monitorar dois tipos de tecnologias de baterias: Lítio e Chumbo Ácido.

O projeto basicamente dividiu-se em 3 tipos de atividades:

Desenvolvimento do hardware para a coleta local das medições: para as instalações de SIGFI precisou ser desenvolvido um hardware não intrusivo e robusto para as medições de tensão, corrente, temperatura e nível de eletrólito, além de um tratamento matemático dessas grandezas. O algoritmo de estimativas de SoC (*State of Charge*), SoH (*State of Health*) e RuL (*Remaining Useful Life*) também irá rodar em um hardware local do SIGFI, esse também desenvolvido e implementado nessa frente de atividades. Para as baterias de lítio apenas o hardware de coleta de dados é necessário:

- **Implementação de Algoritmo:** Para as baterias de Chumbo ácido, foi implementado um algoritmo de estimativa de estado de carga (SoC), estado de saúde (SoH) e vida útil remanescente (RuL).
- **Prova de conceito em bancada:** teste integrado das medições para sistemas de geração com baterias de Chumbo ácido e Lítio, sendo monitorados remotamente por dois tipos de gerências com tecnologias distintas, uma dedicada (■) e outra com a filosofia de Internet das Coisas (Pailot).

Os indicadores de P&D

- **Desenvolvimento de pessoas:** [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED], Doutorado em Engenharia Elétrica em 2023.
- **Artigo:** GLÁUCIO R. T. HAX, EDUARDO M. SAUSEN, JONATHAN P. MOURA, RICIERI A. P. OHASHI, THOMAS M. S. NUNES. "Lead-Acid Battery Monitoring System Applied to Off-Grid Systems".
- **Evento:** SEPOC 2023 - 5th Seminar on Power Electronics and Control Disponível em: <https://sepoc.com.br/>. Acesso em 20/02/2024.

Os desafios

Os desafios técnicos se deram em função da necessidade de desenvolvimento de um hardware não intrusivo e robusto para a coleta das medições, além da restrição do acesso à Internet ser via satélite e da proposta de utilizar um único sistema para monitorar duas tecnologias diferentes de baterias e integração com o sistema de gerência.

O grande desafio de gestão do projeto foi o tempo de execução em relação à quantidade de sistemas desenvolvidos. Foi um projeto com tempo menor do que um ano e com resultados relativamente expressivos nos testes de bancada.

Seria de muita valia levar esse projeto para fases subsequentes com testes em sistemas reais e instalados para verificar a robustez dos equipamentos.

1.3 PROJETO GESTÃO 4.0 DE TELECOM - GR 4.0

O contexto

As atividades de operação, administração e planejamento se tornaram um desafio ainda maior para as operadoras de telecomunicações devido ao crescente aumento da complexidade das redes de telecomunicação e seus serviços associados. Adicionalmente, a capilaridade da rede de telecomunicações tem aumentado de maneira significativa beneficiando também localidades remotas. Porém, diferentemente das grandes e médias cidades, por vezes há carência de equipes técnicas especialistas.

Portanto, se faz necessário o uso de tecnologias emergentes para:

- Permitir a operação coordenada e assistida entre as equipes de escritório e de campo, fortemente baseada em dados técnicos e algoritmos de tratamento, de tal forma que os recursos técnicos e humanos presentes em campo possam executar as atividades de manutenção complexas ainda que não tenham a qualificação técnica especializada;
- Aumentar a produtividade, garantir a adoção de padrões, aumentar a integração das informações, otimizar o tempo e conhecimento dos especialistas técnicos;
- Criar uma base de dados de conhecimento contendo dados coletados de equipamentos (falha, desempenho e configuração), imagens (drones, câmeras, satélite) e IoT (Internet das Coisas) que permita que as estratégias adotadas para recuperação ou melhora dos serviços prestados sejam consideradas tanto de forma automática quanto de forma supervisionada;
- Adicionar o elemento futuro na manutenção, passando a responder o que irá acontecer, apoiando o técnico de manutenção na tomada de decisões futuras quanto aos planos de manutenção;
- Permitir uma análise preditiva baseada em inteligência artificial para melhora na qualidade de serviços.

- Estes recursos tecnológicos permitem o desenvolvimento de um sistema de software que atenda a demanda crescente por ferramentas que reúnam características de interação remota entre técnico de campo e de escritório, com decisões baseadas em *Machine Learning* de dados coletados e da base de conhecimento.

A concepção desta plataforma e suas aplicações têm os seguintes direcionadores estratégicos:

- Combinar tecnologias existentes para que seja possível manutenção e divulgação do conhecimento nos processos de gestão de redes;
- Desenvolvimento de componentes que possam fazer parte da plataforma de Gestão 4.0 e facilitar a implantação dessa plataforma;
- Estreitar a distância entre o ambiente dentro do escritório e o ambiente em campo;
- Agilizar a velocidade do compartilhamento do conhecimento.

Todas essas ações visam aumentar a resiliência das redes e com isso possibilitar o avanço das novas aplicações, permitindo utilizar as novas redes em ambiente críticos, como por exemplo em intervenções remotas e a utilização de equipamentos autônomos na manutenção.

O cenário atual, com o aumento da presença das redes para suportar serviços de banda larga, tecnologia 5G e IoT, aponta para uma crescente demanda em tecnologias baseadas em:

- **Inteligência artificial:** Os provedores de telecomunicações buscam soluções baseadas em IA para processar e analisar grandes quantidades de dados disponibilizados pelos equipamentos conectados. A partir de dados coletados e de dados históricos a identificação da causa raiz (root cause) ou a predição de uma falha podem ser realizadas. Neste cenário, predições confirmadas realimentam a base de dados;
- **Assistência virtual e técnicas imersivas:** As novas redes incorporam recursos tecnológicos para recuperação automática dos serviços, embora entenda-se que em casos não triviais será necessário o acompanhamento de um especialista técnico. Para que possa suportar técnico de campo é necessário dotar este especialista de todas as informações necessárias para o diagnóstico da situação, atuação e verificação da solução executada;
- **Base de conhecimento:** Sem a construção de uma base de conhecimento bem estruturada e continuamente atualizada é humanamente impossível atender as demandas por recuperação ou melhoria de serviços nos prazos (SLA) requeridos.

A plataforma proposta deve se fundamentar sobre estes três pilares tecnológicos.

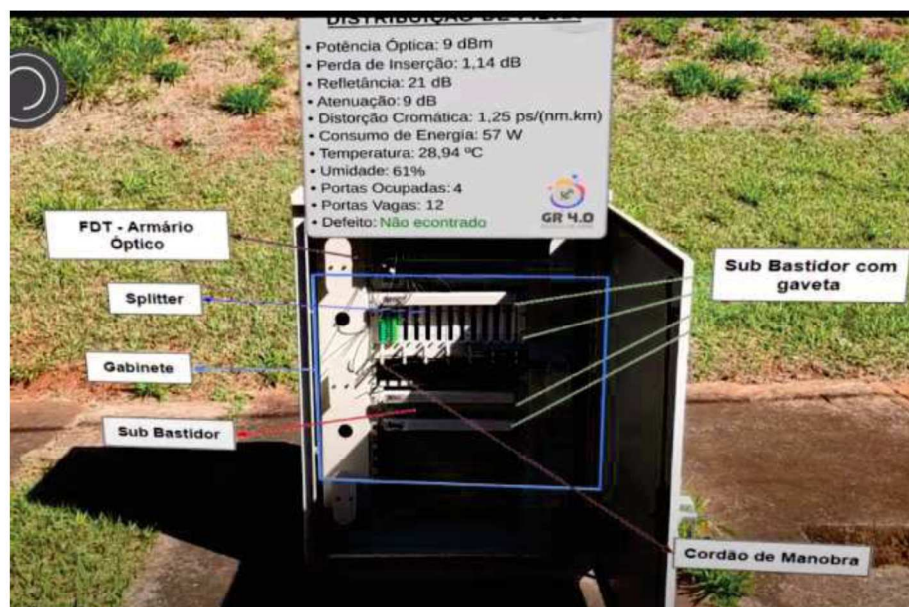
As atividades

Até o momento a execução deste projeto gerou os seguintes resultados:

- **Base de Conhecimento:** modelagem de uma estrutura de conhecimento para otimizar a utilização do Assistente Virtual, alinhando-se aos princípios e conceitos do eTOM (*enhanced Telecommunications Operations Map*).
- **Inteligência Artificial:** implementação de uma IA generativa, utilizando o ChatGPT para aprimorar a qualidade dos dados inseridos na base de conhecimento. Além disso, incorporamos o reconhecimento de fala e resposta por voz no Assistente Digital, aprimorando a interação usuário-máquina.
- **Técnicas Imersivas:** evolução no uso de técnicas imersivas para o reconhecimento eficiente de elementos e a recuperação de dados, fazendo uso da plataforma DOJOT.

Além disso, aplicamos essas técnicas para criar representações virtuais de elementos remotos, ampliando a experiência de usuário, utilizando dispositivos móveis e óculos.

O resultado do projeto, em destaque abaixo, foi a evolução da prova de conceito para a validação das técnicas de experiência imersiva.



Realidade Mista aplicada no reconhecimento e adição de informações em tempo real para o técnico de campo de um armário de Telecomunicações.



Armário de Telecomunicações sendo projetado em Realidade Mista para condução de treinamentos em atividades de manutenção técnica.

- **Assistente Digital:** infraestrutura para Mapeamento de Processos para acompanhamento de um processo de trabalho para auxiliar nas atividades mapeadas através da base de conhecimento.
- **Internos:** implementação de técnicas para estruturação de software em componentes em containers, proporcionando flexibilidade e modularidade. Esses

componentes têm a capacidade de serem orquestrados na nuvem, proporcionando uma arquitetura ágil e escalável.

O conhecimento adquirido nesse processo está sendo propagado para outros projetos, ampliando a eficácia e a consistência em nossa abordagem de desenvolvimento. Essa transferência de conhecimento promove uma sinergia valiosa, contribuindo para a inovação e o aprimoramento contínuo em todas as iniciativas.

- **Busca de oportunidades de PoC com clientes** (operadoras de telecomunicações): foram feitas conversas iniciais com alguns clientes que possam participar e fornecer dados para a realização de uma Prova do Conceito (PoC).

Os indicadores de P&D

Não há indicadores de P&D no projeto para o ano de 2023, devido a fase atual da execução do projeto. As participações em eventos científicos com a apresentação de artigos técnicos serão realizadas à medida que o projeto evoluir ao longo do ano de 2024.

Os desafios

Considerando os resultados esperados para o projeto, podemos afirmar que os maiores desafios tecnológicos são:

- Desenvolvimento de um conjunto de componentes para criar e facilitar o compartilhamento do conhecimento aplicado a redes de telecomunicações.
 - Uso de tecnologias existentes combinadas para que seja possível manutenção e divulgação do conhecimento nos processos de gestão de redes;
 - Desenvolvimento de componentes que possam fazer parte da plataforma de Gestão 4.0 e facilitar a implantação dessa plataforma.
- Inclusão de mais pessoas para suportar o crescimento da complexidade e exigência das novas redes.
 - Estreitar a distância entre o ambiente dentro do escritório e o ambiente em campo;
 - Agilizar a velocidade do compartilhamento do conhecimento.
- Aumentar a resiliência das redes e com isso possibilitar o avanço das novas aplicações permitindo utilizar as novas redes em ambiente críticos como por exemplo em intervenções remotas e a utilização de equipamentos autônomos na manutenção.
- Após os estudos iniciais, nos deparamos com a tendência para auxílio da IA junto ao assistente virtual é o uso da IA Generativa.
 - Esse tipo de inteligência artificial utiliza um banco de dados já existente para criar algo novo, como uma manutenção preditiva a partir do conhecimento da vida útil do equipamento. Também pode auxiliar o técnico a partir da manutenção realizada por outro técnico em outro momento.

1.4 PROJETO AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA REDES FUTURAS - AERF

O contexto

O Projeto Ações Estratégicas para Redes Futuras, iniciado em dezembro de 2022, tem como objeto a realização de pesquisas tecnológicas e de estudos exploratórios em paradigmas convergentes de redes de comunicações e aplicações avançadas, abordando desafios tecnológicos e soluções de potencial grande impacto que deverão amadurecer gradativamente em horizonte de médio e longo prazo. Complementando os tradicionais desafios das redes ópticas e das redes móveis, relacionados ao aumento da capacidade e do alcance dos enlaces de comunicação, o projeto se propõe a avançar o estado da arte em tecnologias relacionadas aos serviços de rede caracterizados por alta precisão e confiabilidade, modelos descentralizados de redes, aplicações que combinam realidade imersiva, inteligência artificial, mobilidade e computação de borda, bem como programabilidade, elasticidade, escalabilidade e automação das redes.

As atividades

Em 2023 foram executadas as metas M1, M2, M3 e M7. Na meta M1, foram realizados o levantamento bibliográfico e a revisão atual do estado da arte tecnológico e mercadológico nas três atividades: A1.1 - Conectividade, A1.2 - *Blockchain* e A1.3 - Inteligência Artificial. Na atividade A1.1, o foco foi o estudo de redes ópticas de transporte, redes ópticas de acesso, xHaul para redes móveis, redes para distribuição de chaves quânticas e fornecimento de conectividade significativa. Na atividade A1.2, o estudo foi a respeito da integração da tecnologia *blockchain* com redes 6G avançadas sem fio, assim como os desafios e demandas crescentes impostas pelas futuras redes de comunicação. Na atividade A1.3, foi realizada uma análise de tecnologias que resolvem problemas de comunicação entre servidores dentro de data centers e entre usuários finais e servidores remotos, redes Fog e técnicas de balanceamento de cargas.

Na meta M2 o enfoque foi realizar a implementação de prática de estudos realizados na Meta M1, sendo (1) uso de amplificadores ópticos a semicondutor (SOA) como ferramenta para aumento do alcance de enlaces ópticos, (2) elaboração de modelos de arquitetura C4 em cenários de *marketplace* de telecomunicações e (3) definição do simulador EdgeSimpv para testes de computação distribuída.

A Meta M3 também é dividida em três atividades: A3.1 - Conectividade, A3.2 - *Blockchain* e A3.3 - Inteligência Artificial. Na atividade A3.1 foi realizado levantamento bibliográfico acerca do estado da arte em termos de redes industriais privativas, com foco na suíte de padrões [REDACTED] para redes Ethernet determinísticas, em conjunto com os padrões [REDACTED] para comunicação em cenários de Internet das Coisas (IoT) e Indústria 4.0. Adicionalmente, foi dada continuidade aos estudos de comunicações ópticas em criptografia quântica. Na atividade A3.2, o estudo teve como foco a avaliação das implicações e o potencial das redes 5G e 6G, abrangendo aspectos como a implicação dessas tecnologias no gerenciamento de espectro, na segurança das comunicações habilitadas por *blockchain* e nas melhorias em termos de confiabilidade, segurança e interoperabilidade em diversos contextos. Na atividade A3.3, foi estudada a incorporação do conceito *Age of Information* como critério de *offloading*, aprovisionamento ou migração de tarefas/serviços para tratar da otimização do agendamento da transmissão dos dados. Outras frentes foram estudadas também como *Edge-to-Cloud* e aplicações containerizadas.

Por fim, na Meta M7 foi elaborado o plano de projeto, realizadas a reunião de *kick-off*, alterações no portal da FINEP para adequação da equipe à resolução 159 e

reuniões semanais para acompanhamento do projeto. Destaca-se o uso de quadro *kanban* na ferramenta Jira para acompanhamento das atividades.

Os indicadores de P&D

- Artigo: R. C. Figueiredo et al., "Optical Networks Perspectives to Support Future Connectivity," 2023 *International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN) and SBFoton International Optics and Photonics Conference (SBFoton IOPC)*, Campinas, Brazil, 2023, pp. 1-4, doi: <https://doi.org/10.1109/OMN/SBFotonIOPC58971.2023.10230960>
- Artigo: SOUSA, J. C et al., "Monitoramento de Acordos de Nível de Serviço com Conformidade Baseada em *Blockchain* para Fatiamento de Recursos de Nuvem e Rede", in *Anais do I Colóquio em Blockchain e Web Descentralizada*, João Pessoa/PB, 2023, pp. 19-24, doi: <https://doi.org/10.5753/cblockchain.2023.230474>

Os desafios

O projeto tem o desafio de acompanhar proativamente e antecipar as mudanças disruptivas que estão ocorrendo no panorama tecnológico global das redes de comunicações, com objetivos de:

- Estimular o processo de inovação, preservar a capacitação das equipes, o crescimento da base tecnológica e de propriedade intelectual e a construção de um *roadmap* tecnológico de médio e longo prazo para a Fundação CPQD;
- Contribuir na orientação de políticas públicas e na possível definição de um *roadmap* tecnológico para telecomunicações no país;
- Monitorar e contribuir para a evolução das redes de telecomunicações e dos serviços associados no intuito de melhorar a qualidade, a segurança, o uso e a fruição dos mesmos serviços.

1.5 PROJETO PLATAFORMA 5G BR - PLAT5G

O contexto

O principal objetivo do projeto é o desenvolvimento de tecnologias componentes de uma rede 5G, segundo os paradigmas de arquitetura aberta, virtualização e desagregação. Tanto o processamento da banda base (*Baseband Unit - BBU*) da interface aérea 5G NR como o core de rede serão desenvolvidos. Uma prova de conceito voltada para o mercado de redes privadas e ISP's (*Internet Service Providers*) é um dos principais objetivos do projeto. Contempla também a gerência e o monitoramento de serviços e infraestrutura de suporte, especialmente na concepção de um produto minimamente viável (MVP), bem como o uso de novas tecnologias como o de Inteligência Artificial no planejamento e na operação da rede (AIOps), na gerência e no monitoramento da qualidade de serviço de uma fatia de rede (*network slice*), e no gerenciamento e na ocupação oportunista de espectro radioelétrico (*Whitespaces*), e também o uso da tecnologia DLT (*Distributed Ledger Technology*) como ferramenta de suporte ao compartilhamento de infraestrutura por múltiplos provedores de serviço.

As atividades

O projeto apresentou grande avanço em 2023 por meio das implementações realizadas nas Metas 2, 3 e 4. Foi finalizado e validado o desenvolvimento do protótipo para a Prova de Conceito (PoC) baseado em *blockchain* para a gestão de contratos de serviços considerando consumidores, provedores, contratos inteligentes, cumprimento de SLA e acerto de contas. Como desdobramento deste trabalho foi publicado um artigo em evento internacional e realizado o depósito de um pedido de patente. Foram obtidas várias evoluções nos setups das áreas de rede de acesso, orquestração, core de rede e RIC/IA como:

- Avanços, estabilização e melhorias nos setups 5G SA e 5G NSA;
- Instalação de várias versões do orquestrador Aether, sendo possível exercitar funcionalidades como provisionamento de usuário e *network slicing*;
- Avanços nos estudos e experimentações em RIC/IA permitindo a escolha de um caso de uso para a implementação no MVP 5G. Além dos desenvolvimentos individuais de cada meta, em 2023 foi possível exercitar um cenário integrando as soluções, que incluiu a rede de acesso 5G, o orquestrador [REDACTED] o core [REDACTED] e a implementação de uma solução de RIC em [REDACTED]. Neste período, foi dada continuidade nas atividades para construção da infraestrutura laboratorial para o desenvolvimento através de aquisições de equipamentos e materiais de consumo e contratação de serviços com diferentes fornecedores/ fabricantes visando a continuidade da construção da infraestrutura laboratorial diversificada permitindo a integração e interoperabilidade da solução desenvolvida no projeto com multi vendedores e diferentes funcionalidades.

Três novos servidores para a composição de uma solução virtualizada de código aberto foram recebidos, permitindo nova frente de desenvolvimento na equipe de RAN, além do uso de serviço de nuvem (nos casos em que máquinas virtuais possam ser utilizadas) para ampliar e diversificar o ambiente de desenvolvimento.

Também tem sido utilizada a prática de compartilhamento de setups entre os desenvolvedores do projeto que precisam desenvolver e testar diferentes soluções como RIC (*RAN Intelligence Controller*), evoluções do core de rede móvel, evoluções das soluções da rede de acesso, evoluções do orquestrador, implementação de funcionalidades como CAT-M e NB-IoT). Com a chegada de novos servidores e eNBs, houve melhoria nos setups flexibilizando o uso nas frentes de desenvolvimento para acelerar as atividades.

No atual estágio do projeto, foi possível avançar nas ações relacionadas com os indicadores de Inovação Tecnológica (propriedade intelectual e produtos e tecnologias comercializáveis) e Geração de Conhecimento (produção técnico-científica e desenvolvimento de pessoas) visando à obtenção dos indicadores planejados no PAR2023-2025 baseado nos diversos resultados gerados no projeto.

Dado o plano de liberação de aportes do Funttel, o Conselho Gestor do FUNTTEL (CGF) autorizou a extensão do prazo do projeto até 2024. Esta extensão foi solicitada e aprovada pela Finep.

Os indicadores de P&D

Artigos Publicados:

- DIANA C. GONZÁLEZ, CLAUDIO F. DIAS, EDUARDO R. LIMA, YONINA C. ELDAR, MURIEL MÉDARD, MICHEL DAOUD YACOUB. *Interception Probability versus Capacity in Wideband Systems: The Benefits of Peak Signaling*. In: IEEE Access.

- MELLO, M.; MENDES, L.; SILVA, D.; BARBOSA, T.; SILVA, P.. FTN-GFDM *Detection Based on Reduced-Complexity Soft Sphere Decoding and Polar Codes*. In: *Journal of Communications and Networks*.
- MICHELLE S. P. FACINA, DIEGO G. S. PIVOTO, TIBÉRIO T. REZENDE, RODRIGO MOREIRA, FLÁVIO DE OLIVEIRA SILVA, KLEBER V. CARDOSO, SAND L. CORREA, ANTONIA V. D. ARAUJO, ROGÉRIO S. SILVA, HEITOR SCALCO NETO, GUSTAVO R. L. TEJERINA, AND ANTÔNIO M. ALBERTI. *A Detailed Relevance Analysis of Enabling Technologies for 6G Architectures*. In: *IEEE Access*.
- JOÃO PAULO SALES HENRIQUES LIMA. *Sequential Multiuser Scheduling and Power Allocation for Clustered Cell-Free Massive MIMO Networks*. In: *31st European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2023)*.
- PAULO R. B. DA SILVA, JOAO P. S. H. LIMA, VITALII AFANASIEV, MICHELLE S. P. FACINA, ERIKA C. ALVES, GUSTAVO C. LIMA. *Deployment e Testes de Controladores Inteligentes da RAN no Testbed do Projeto OpenRAN@Brasil*. In: *WTESTBEDS - II Workshop de Testbeds* (um evento satélite do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC) 2023).
- DANIEL L. FEFERMAN, MICHAEL P. HERNANDEZ, WESLEY M. M. SANTOS, MICHELLE S. CHAGAS, GUSTAVO H. ARAUJO, LUCAS B. OLIVEIRA, GUSTAVO C. LIMA. *Orquestração multidomínios no testbed OpenRAN@Brasi*. In: *WTESTBEDS - II Workshop de Testbeds* (um evento satélite do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC) 2023).
- LUCIANO MARTINS, LUIS G. M. RIVEROS, CARINE MINETO, MICHELLE S. P. FACINA, GUSTAVO C. LIMA, LUCAS B. OLIVEIRA, FERNANDO N. N. FARIAS. *Implementação e testes do Virtual OLT Hardware Abstraction (VOLTHA) em redes SD-PON*. In: *WTESTBEDS - II Workshop de Testbeds* (um evento satélite do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC) 2023).
- JOÃO PAULO SALES HENRIQUES LIMA; SAEED MASHDOUR, RODRIGO C. DE LAMARE, ANKE SCHMEINK. *Sequential Multiuser Scheduling and Power Allocation for Clustered Cell-Free Massive MIMO Networks*. In: *31st European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2023)*.
- CLEVERSON NAHUM, WESKLEY MAURICIO, MAYKON SILVA, MICHELLE FACINA, MARCOS TAKEDA E ALDEBARO KLAUTAU. *Reinforcement Learning Scheduling for URLLC Service Protection in Industry 4.0 Scenario*. In: *SBRT 2023*.

Os desafios

Os principais desafios do projeto ao longo de 2023 foram:

- O desalinhamento dos aportes recebidos em relação ao plano de trabalho do convênio, em função das restrições orçamentárias do Governo Federal, com liberação de recursos de capital necessários para a aquisição de equipamentos e máquinas para a infraestrutura de desenvolvimento no segundo semestre de 2023, demandando a busca de alternativas como uso de desktops, notebooks ou servidores compartilhados com outros projetos para não paralisar parte das atividades.
- O impacto da desvalorização do Real frente às moedas estrangeiras nos pagamentos das parcerias tecnológicas internacionais e nas aquisições de insumos importados para infraestrutura de desenvolvimento.
- Dificuldade de contratação de desenvolvedores de SW com experiência em redes sem fio, 5G, bem como com experiência em *native cloud* dado que o mercado de desenvolvimento de SW está bastante aquecido.

- Dificuldade de selecionar fornecedores para os equipamentos a serem adquiridos para a infraestrutura laboratorial considerando os requisitos técnicos, disponibilidade dos itens (*leadtime*) e alto valor (muitos equipamentos importados).
- Dificuldades no processo de licenciamento para uso do espectro em caráter científico experimental necessário para a realização dos testes irradiados.
- A diversidade de competências técnicas envolvidas no projeto torna o entendimento do problema para a tomada de decisão mais complexa, como por exemplo:
 - Integração de *framework* 5G de código aberto a SDR de baixo custo.
 - Integração de *frameworks* 5G a Rádio Units (RUs) comerciais.
 - Desenvolvimento e testes com CAT-M LTE utilizando *framework* de código aberto.
 - Desenvolvimento de protótipos de cabeça de rádio 4G e 5G, utilizando SDR e *front-end* de RF, para operação em frequências adequadas à realidade brasileira (450MHz, 600MHz e 700MHz).

1.6 PROJETO SISTEMAS ÓPTICOS EM 1 Tb/s PARA INTERNET DO FUTURO – FASE 2 TERANET2

O contexto

O Projeto “TERANET: Sistemas Ópticos em 1 Tb/s para Internet do Futuro – Fase 2” visa explorar a convergência de tecnologias optoeletrônicas para a concepção de sistemas de transporte óptico que operam com taxa agregada de 1 Tb/s por canal e habilitar a construção da Internet do futuro. Dentre as tecnologias exploradas, objetiva-se o desenvolvimento de técnicas inovadoras para a transmissão em sistemas de altas taxas, incluindo métodos de otimização sistêmica, processamento digital de sinais, integração fotônica para a construção dos elementos básicos de transceptores ópticos, técnicas de amplificação óptica com banda estendida e métodos de controle para redes óptica flexíveis. Estas tecnologias são fundamentais para habilitar a transmissão óptica de informação digital entre grandes centros urbanos, bem como a interconexão entre/em centrais de dados (*Data Centers*) de larga escala. Este último, por conta do aumento massivo de consumo de informação digital, demanda cada vez mais rápida a adoção de tecnologias inovadoras em fotônica e microeletrônica, dadas as restrições de espaço e consumo energético. Além dos objetivos técnicos, o presente projeto visa também a criação e a manutenção de capital humano na fronteira do conhecimento, que permite ao Brasil a independência tecnológica em sistemas de telecomunicações através do desenvolvimento industrial nacional e econômico.

As atividades

O projeto original foi dividido em duas fases, sendo que a Fase 1, que compreendeu um período de 12 meses, envolveu fundamentalmente o estudo teórico e simulações computacionais visando determinar a viabilidade das tecnologias presentes no estado da técnica e a definição dos requisitos sistêmicos, especificação dos dispositivos em fotônica integrada e arquitetura dos blocos de códigos de processamento de sinais para que a transmissão de sinais nas taxas almejadas seja factível. A segunda fase do projeto teve início em novembro de 2019 e originalmente tinha um prazo de 24 meses. Entretanto, por conta

principalmente da situação epidemiológica global que nos atingiu, a execução das atividades não ocorreu conforme o cronograma previsto e o projeto teve uma prorrogação de prazo de 12 meses, até novembro de 2022, seguida de uma nova prorrogação de mais 12 meses, até novembro de 2023, e, por fim, uma prorrogação de mais 4 meses até março de 2024.

O projeto Teranet - Fase 2 envolve o desenvolvimento e validação das tecnologias ópticas avaliadas na Fase 1 através das seguintes metas: M1 - Cenários e Arquitetura de Sistemas Ópticos 1 Tb/s, M2 - Pesquisa e Desenvolvimento de Dispositivos de Fotônica Integrada, M3 - Pesquisa e Desenvolvimento de Processamento Digital de Sinais e Codificação, M4 - Pesquisa e Desenvolvimento de Transceptor Óptico 1Tb/s, M5 - Pesquisa e Desenvolvimento de Elementos de Amplificação e Redes e, finalmente, M6 - Planejamento e Acompanhamento Técnico do Projeto. Assim, na Meta M1 foram realizadas análises visando transmissões ópticas de alta capacidade; na Meta M2 foi executada a integração, teste e aprimoramento dos componentes fotônicos; na Meta M3 foram desenvolvidas técnicas de processamento digital de sinais e codificação de canal para altas taxas e a modelagem considerando restrições práticas de implementação; na Meta M4, única meta de execução técnica ainda não concluída, está sendo realizada a prototipagem do transceptor óptico para sua posterior validação isolada e sistêmica; na Meta M5 foram executados os desenvolvimentos de amplificação de banda estendida e redes ópticas flexíveis; por fim, na Meta M6 está sendo feito o planejamento e acompanhamento das diversas atividades do projeto como um todo. Adicionalmente, de modo transversal às diversas das metas acima citadas, o simulador de sistemas ópticos em linguagem Python, batizado de Optrapy, continuou sendo aprimorado e demonstrando fundamental importância para auxiliar o desenvolvimento das diferentes atividades que compõem este projeto.

Os indicadores de P&D

- Artigo: “*Performance Assessment of L-Band High-Concentration EDFA Using Power Masks*” DA SILVA, M. J. et al”. *SBFoton International Optics and Photonics Conference* (SBFoton IOPC) 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/OMN/SBFotonIOPC58971.2023.10230926>>. Acesso em: 05/01/2024
- Artigo: “*Channel Allocation Analysis for EDFA-based C+L Optical Systems*” RIVEROS, L. G. M. et al”. *SBFoton International Optics and Photonics Conference* (SBFoton IOPC) 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/OMN/SBFotonIOPC58971.2023.10230967>>. Acesso em: 05/01/2024
- Artigo: “*Impact of Noise in Continuous Pump Profiles on Distributed Raman Amplifiers for C+L Systems*” MINETO, C. et al”. *SBFoton International Optics and Photonics Conference* (SBFoton IOPC) 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/OMN/SBFotonIOPC58971.2023.10230950>>. Acesso em: 05/01/2024
- Artigo: “*Optimization of Unrepeated Optical Links with Probabilistic Shaping for Heterogenous Propagation Regimes*” MACIEL, J. A. S. et al”. *SBFoton International Optics and Photonics Conference* (SBFoton IOPC) 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/OMN/SBFotonIOPC58971.2023.10230971>>. Acesso em: 05/01/2024
- Artigo: “*Sensitivity Analysis of Neural Network Hyperparameters for Chromatic Dispersion Compensation in Optical Transmissions*” CHAVES, F. E. C. et al”. *SBFoton International Optics and Photonics Conference* (SBFoton IOPC) 2023.

Disponível em: <https://doi.org/10.1109/OMN/SBFotonIOPC58971.2023.10230915>. Acesso em: 05/01/2024

- Artigo: “*Design of a silicon Mach–Zehnder modulator via deep learning and evolutionary algorithms* PAULA JÚNIOR, R.A. et al”. *Nature Scientific Reports*. Vol. 13 No. 14662, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41558-8>. Acesso em: 05/01/2024

- Artigo: “*Transceiver Impairments Compensation via Deep Learning for High Baud-Rate Coherent Systems* DA CRUZ JÚNIOR, J. H. et al”. Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBRT) 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14209/sbirt.2023.1570907702>. Acesso em: 05/01/2024.

- Artigo: “*Design and Characterization of a 50-GHz-Bandwidth IQ Modulator for High-Capacity Optical Transmissions* SUTILI, T. et al”. SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC) 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IMOC57131.2023.10379711>. Acesso em: 09/01/2024.

- Artigo: “*Evaluation of Practical Coherent DSP Aspects on High-Baud Rate Submarine Systems Performance* MACIEL, J. A. S. et al”. SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC) 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IMOC57131.2023.10379738>. Acesso em: 09/01/2024.

- Artigo: “*Advancing Innovation in Photonic Technologies at a Brazilian Research and Development Center [invited]* FIGUEIREDO, R. C. et al”. SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC) 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IMOC57131.2023.10379722>. Acesso em: 09/01/2024.

- Registro de Software: “[REDACTED]”. Foi depositado em 16/02/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de software e caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

- Registro de Software: “[REDACTED]”. Foi depositado em 16/02/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de software e caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

- Registro de Software: “[REDACTED]”. Foi depositado em 16/02/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de software e caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

- Registro de Software: “[REDACTED]”. Foi depositado em 16/02/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de software e caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

- Registro de Software: “[REDACTED]”. Foi depositado em 26/12/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de software e caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

- Registro de Software: “[REDACTED]”. Foi depositado em 26/12/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de software e caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

- Apresentação: “*Optical Networks for an Universal Internet* SUTILI, T. et al”. Workshop “Redes ópticas para una Internet universal” na *Universidad Técnica Federico Santa María* (Chile). Março de 2023. Disponível em: <https://youtu.be/aZ-B4j5eV4Y?si=fpY8LRuRGe4uc7gk&t=6048>. Acesso em: 05/01/2024.

Os desafios

O projeto traz diversos desafios em cada uma das metas, incluindo o desenvolvimento de técnicas, topologias e/ou componentes no estado da arte, que, muitas vezes, ainda não existem comercialmente. Em específico, destaca-se a necessidade de projeto e otimização de componentes em fotônica integrada para operação em altas taxas, de algoritmos de processamento digital de sinais de alta complexidade para compensação de efeitos não lineares, de sistemas ópticos de alta capacidade operando em banda estendida e de ferramentas para o controle e monitoração de redes ópticas flexíveis. Neste sentido, uma equipe executora extremamente qualificada atua no estudo, projeto e desenvolvimento de topologias para sistemas de transmissão de alta capacidade, concomitantemente com a proposição de topologias de amplificação em banda estendida, arquiteturas de redes baseadas em padrão aberto, técnicas para processamento digital de sinais, bem como o desenvolvimento de componentes ativos e passivos em fotônica integrada e suas respectivas integrações eletro-ópticas, possibilitando o desenvolvimento de soluções de alto desempenho, energeticamente eficientes e com dimensões reduzidas, essenciais para habilitar a Internet do futuro.

1.7 PROJETO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS E METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA PARA REDES E APLICAÇÕES DE GOVERNO DIGITAL - TECSEG

O contexto

O projeto foi concebido considerando duas grandes frentes caracterizadas por: (i) Tecnológica, a qual visa o desenvolvimento de componentes tecnológicos de segurança e, (ii) Metodológica, a qual visa o desenvolvimento de metodologias de avaliação e investigação de segurança.

Ambas as frentes buscam atender às demandas atuais e futuras relacionadas com o processo de transformação digital que vem ocorrendo no Brasil, incluindo os esforços do governo nas iniciativas de Governo Digital.

O desenvolvimento de um conjunto de componentes de segurança contemplará o uso de novas tecnologias de segurança que possibilitem o desenvolvimento de aplicações seguras e de fácil utilização. Prevê-se desenvolvimento de componentes e aplicações que busquem mitigação de problemas crônicos de segurança relacionados à identidade digital de pessoas e coisas e também à mitigação de problemas de segurança relacionados com dispositivos IoT no Brasil.

O desenvolvimento das metodologias de avaliação e investigação de segurança visa o atendimento das necessidades imediatas, tais como a análise de vulnerabilidades das aplicações de governo digital, das aplicações e dispositivos IoT e infraestrutura crítica. Considerando as demandas de curto e médio prazos, o projeto prevê também o desenvolvimento de metodologias de avaliação e investigação de redes 5G, tecnologia que está sendo considerada por diversos países, inclusive Brasil, como tema relacionado à segurança nacional e das aplicações baseadas em *Distributed Ledger Technology* (DLT), a qual tem sido aplicada em vários setores da economia, incluindo neles o setor de telecomunicações e é considerada, juntamente com IoT e Inteligência Artificial (IA), a tecnologia primordial para a sucesso da implantação da transformação digital plena do país.

O principal objetivo do projeto é a execução de ações que permitam o aumento da segurança cibernética para redes de telecomunicações e serviços.

As atividades

O monitoramento tecnológico trouxe novas informações relacionadas a prospecção e experimentação de componentes seguros, implantação e operação de redes *blockchain* com olhos para interoperabilidade e padronização, além de uma análise dos cenários mercadológicos e tecnológicos demonstrando suas necessidades e características para soluções relacionadas à Metodologia de Avaliação e de Investigação de Segurança.

Quanto ao desenvolvimento da Metodologia de Avaliação de Segurança o refinamento da metodologia com as aplicações realizadas paralelamente ao desenvolvimento da ferramenta permitiu que esta fosse concluída no prazo e já contemplando todas as funcionalidades atualizadas em relação ao escopo inicial.

Em relação a divulgação do projeto e disseminação do conhecimento, a quantidade de evidências relacionadas à palestras e treinamentos, certificações, publicações e registros de patente, demonstram a continuidade da elevada produtividade também neste último período, com destaque para a produção tecnológica que totalizou 7 publicações e 8 pedidos de patentes, que evidenciam a atuação da equipe executora não só no monitoramento tecnológico do setor, mas também como protagonista junto à comunidade e parceiros, explorando diversas oportunidades e superando desafios com a implementação de provas de conceito bem sucedidas. Tais evidências podem ainda ser associadas ao investimento na capacitação da equipe executora, número também expressivo para o período que totalizou 26 eventos entre treinamentos e certificações. Esse comprometimento com o desenvolvimento profissional demonstra uma abordagem abrangente para fortalecer as habilidades da equipe executora, o que certamente contribui para o sucesso nas iniciativas tecnológicas e inovações. Esses resultados positivos refletem não apenas a eficiência operacional, mas também a visão estratégica e o compromisso com a excelência para com o projeto.

Os indicadores de P&D

Publicações:

- Evento: XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2023). Tema: Identidade descentralizada e *Blockchain*: Um estudo exploratório sobre as oportunidades e desafios das soluções existentes];
- Evento: XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2023). Tema: Modelo de gerência utilizando identidade autossobrerana para transporte: Caso de uso voltado ao ecossistema de um condomínio de empresas;
- Evento: XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2023). Tema: Monitoramento de Acordos de Nível de Serviço com Conformidade Baseada em *Blockchain* para Fatiamento de Recursos de Nuvem e Rede;
- Evento: XLI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS. Tema: Solução de Monitoramento e Conformidade de SLA Baseada em *Blockchain* para Fatiamento de Recursos;
- Evento: I *Workshop* de *Testbeds* (CSBC 2023). Tema: Relato de Experiência do Processo de Implantação do *Testbed* para Gestão de Identidades Digitais Descentralizadas;

- Evento: I COLÓQUIO EM BLOCKCHAIN E WEB DESCENTRALIZADA (CSBC 2023). Tema: Modelo de gerência utilizando identidade autossobrerana para transporte: Caso de uso voltado ao ecossistema de um condomínio de empresas;
- Evento: I COLÓQUIO EM BLOCKCHAIN E WEB DESCENTRALIZADA (CSBC 2023). Tema: Identidade descentralizada e *Blockchain*: Um estudo exploratório sobre as oportunidades e desafios das soluções existentes
- Evento: 23º Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. Tema: *MinIndy*: Uma Ferramenta de Início Rápido do *Hyperledger Indy*;
- Evento: VI WORKSHOP EM BLOCKCHAIN: TEORIA, TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES (CSBC 2023). Tema: Transações Autenticadas para Aplicativos Não Confiáveis em *Blockchains* Permissionadas;
- Evento: IEEE *Latin-American Conference on Communications*. Tema: AID-SDN: *Advanced Intelligent Defense for SDN using P4 and Machine Learning*;
- Evento: XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2023). Tema: Relato de Experiência do Processo de Implantação do *Testbed* para Gestão de Identidades Digitais Descentralizadas.

Pedidos de Registro de Patentes Depositados:

- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 27 de abril de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 15 de dezembro de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 27 de abril de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 13 de dezembro de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 16 de novembro de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED] 1. Data do depósito: 17 de novembro de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 21 de novembro de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 30 de novembro de 2023. Título: [REDACTED].
- Pedido de patente número: [REDACTED]. Data do depósito: 05 de dezembro de 2023. Título: [REDACTED].

Os desafios

Nos últimos 12 meses do projeto, o principal desafio foi a administração dos recursos financeiros para acomodar no orçamento a alta demanda de RH, e as demais despesas do projeto, tais como: despesas com prestadores de serviços de infraestrutura (servidores) em nuvem, aquisição de normas e material de consumo,

e participações em eventos (inscrições, passagens e diárias) para as ações de disseminação e divulgação de conhecimento, e capacitação.

Apesar do desafio acima descrito, foi dada continuidade às ações estratégicas e os resultados obtidos neste projeto até o momento, graças ao forte empenho da equipe executora e, evidenciados acima na produção tecnológica com volume significativo de artefatos e ações junto à parcerias institucionais, dentre as quais destaca-se o Estado Brasileiro, além da participação em órgãos de padronização, mostram como o CPQD continua atuando proativamente no desenvolvimento do ecossistema de instituições interessadas na aplicação de *blockchain* no mercado, por meio dos princípios de inovação aberta e multidisciplinar.

O lugar de destaque no período fica para a participação do CPQD, proporcionada pelo desempenho deste projeto, no Piloto do Real Digital (Drex) promovido pelo [REDACTED] que consiste na fase de testes para operações com a moeda digital brasileira, o Drex, anteriormente chamada de Real Digital. Nessa etapa, o [REDACTED] avaliará os benefícios da programabilidade da Plataforma Drex, um ecossistema de tecnologia de registro distribuído (*Distributed Ledger Technology* - DLT) multiativo onde serão simuladas operações com ativos digitais ("tokenizados") liquidadas no atacado com o Drex emitido pelo [REDACTED]. Esse piloto tem duração desde março 2023 até dezembro de 2024, e conta com outras 15 instituições de renome no setor.

1.8 PROJETO PLATAFORMA DE INOVAÇÃO DIGITAL DE REFERÊNCIA PARA UMA AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL EM PEQUENOS E MÉDIOS PRODUTORES - SEMEAR-0

O contexto

O projeto foi iniciado em janeiro de 2021 com o objetivo de desenvolver e validar uma plataforma de inovação digital de referência composta de componentes tecnológicos, processos, modelos de operação e sustentação econômica padronizados e estruturados para acelerar a difusão de serviços de fazenda inteligente para os pequenos e médios produtores rurais, com a implantação de uma primeira unidade experimental (PoC – *Proof of Concept*) em uma única localidade, atendendo um conjunto de produtores rurais de pequeno e médio portes.

Esta plataforma de inovação digital foi implementada através do conceito de Distrito Agro-Tecnológico (DAT) introduzido pelo projeto, que corresponde a um provedor de serviços de fazenda inteligente para pequenos e médios produtores em uma localidade, em dois bairros do município de São Miguel Arcanjo (SP). No projeto foi desenvolvida ainda, em estágio de protótipo, uma aplicação para endereçar um caso de uso inovador e relevante para os pequenos e médios produtores do DAT

As atividades

Neste período demos andamento às atividades finais do projeto, que foi encerrado no mês de junho de 2023. Continuamos fazendo o acompanhamento dos serviços disponibilizados ao grupo de produtores.

Em particular quanto à conectividade, pudemos comprovar a satisfação do grupo com o serviço disponibilizado, como provedor ISP local, parceiro do projeto, dando

continuidade de forma adequada ao atendimento, após o encerramento formal do projeto.

Também recebemos dos produtores com terminais intraveiculares instalados em seus tratores retorno positivo em relação à conexão por esse tipo de dispositivo, baseada em rede 4G privativa, tendo como foco acesso à internet móvel e coleta de dados básicos das máquinas. No último trimestre do projeto fizemos uma troca da tecnologia, passando a utilizar enlace satélite para transmissão dos dados a longa distância. Constatamos que o serviço oferecido continuou atendendo à expectativa.

Foi feita a instalação de estação meteorológica. Esse tipo de equipamento fora escolhido para validar a tecnologia LoRa no DAT. Os dados gerados passaram a ser enviados e armazenados na Plataforma Inteligente Integradora de Aplicações.

A partir dos resultados alcançados, foi possível avaliar aspectos de desempenho e custo, bem como validar modelo de conectividade rural otimizado para atender a demanda dos pequenos produtores e agricultores familiares.

As *startups* trazidas para o projeto prosseguiram operando conforme o esperado, dando o atendimento ao grupo ao longo de todo o período. Apesar do encerramento formal do projeto, a expectativa é que haja continuidade nas interações e que os serviços de assistência técnica e *marketplace* digitais oferecidos por elas continuem ganhando cada vez mais efetividade.

Nas últimas semanas do projeto solicitamos que os produtores preenchessem, de forma anônima, pesquisas de percepção de resultados, que disponibilizamos através de formulários *on-line*, sobre os pilares do projeto: conectividade, atuação de cada startup e capacitação. Em cada uma delas tivemos, em geral, aproximadamente 50% de respondentes. Foram benefícios trazidos pelo projeto, conforme apurado nessas pesquisas: a diminuição de custos, o aumento de receitas e a melhoria da qualidade de produtos.

Considerando o retorno positivo que vínhamos recebendo dos produtores e a constatação da estabilização da operação do DAT, no último bimestre do projeto resgatamos a interação com o potencial segundo grupo de produtores que alguns meses antes havia manifestado interesse em aderir ao projeto. Dessa forma agregamos mais 20 (vinte) produtores e encerramos o projeto com o cronograma de instalação da rede nesses produtores em andamento, sob a responsabilidade do parceiro provedor ISP local. Desse modo alcançamos 60 (sessenta) produtores atendidos com conectividade proporcionada pelo projeto.

Visando também à sustentabilidade do DAT e preparando ações para projetos futuros, prosseguimos com o trabalho de prospecção de mais startups que possam compor o portfólio de serviços digitais.

Fizemos a integração da Plataforma Inteligente Integradora de Aplicações com o middleware IoT que armazena as informações meteorológicas obtidas através de conexão LoRa.

Com relação à coleta de indicadores econômicos para a definição do modelo de sustentação do DAT, demos continuidade à atividade iniciada no período anterior, através dos seguintes passos:

- Identificação de quais atores podem desempenhar o papel de provedor do DAT
- Estimativa de demanda pelos serviços e aplicações disponíveis para calcular as receitas potenciais do DAT;
- Levantamento de dados primários no município de São Miguel Arcanjo;
- Definição de solução de arquitetura de rede utilizada para o atendimento de uma localidade típica na região;
- Estimativa de valores necessários para ampliar a infraestrutura de conectividade no DAT de São Miguel Arcanjo;

- Modelagem técnico-econômica de cenários de interesse, com análise de sustentabilidade de parâmetros econômicos relativos ao provedor DAT;
- Análise de sensibilidade de variáveis chave dos cenários modelados.

Além disso, foram feitas entrevistas de avaliação com as *startups* selecionadas para o projeto e consultados dados coletados especificamente pela startup de manejo agrícola.

Os indicadores de P&D

Não foram gerados indicadores de P&D em 2023.

Os desafios

Considerando os resultados esperados para o projeto, podemos afirmar que os maiores desafios que encontramos nos meses finais do projeto, que foi encerrado em junho, a exemplo do período anterior, referiram-se ao engajamento dos produtores e ao aumento da familiarização deles com as tecnologias e soluções digitais. Foi necessário um trabalho persistente de acompanhamento e incentivo, ao mesmo tempo em que eram evidenciados continuamente os benefícios advindos da transformação trazida pelo projeto, até que conseguíssemos chegar ao final do projeto com resultados e modelos de referência tecnológico, operacionais e econômicos que geraram valor e impactos positivos para os produtores atendidos, validando o potencial e a sustentabilidade do modelo proposto para o DAT Experimental.

1.9 PROJETO REDES ÓPTICAS DE TRANSPORTE, ACESSO E XHAUL - ROTA-X

O contexto

O projeto “ROTA-x: Redes Ópticas de Transporte, Acesso e xHaul” visa explorar novas soluções tecnológicas para viabilizar o desenvolvimento de redes ópticas capazes de atender aos requisitos da indústria e da sociedade em termos de capacidade de transmissão, custo de instalação e operação e consumo energético. Para tanto, estão previstas etapas de pesquisa e revisão bibliográfica do estado da arte, simulação em ambiente computacional, desenvolvimento de dispositivos eletro-ópticos, desenvolvimento de aplicações para redes ópticas definidas por software e, por fim, validação experimental em ambiente laboratorial. Tais etapas tem especial foco na busca de soluções inovadoras e competitivas para redes ópticas de transporte, as quais objetivam conexões de alta capacidade e longo alcance, e redes ópticas de acesso, as quais objetivam conexões até o usuário final, podendo também ser aplicadas para a interconexão dos elementos que compõem redes móveis de quinta ou, futuramente, sexta geração. Em ambos os casos, espera-se que as soluções desenvolvidas impulsionem significativos ganhos de competitividade para a indústria nacional no setor, além de permitir a formação de mão de obra qualificada e garantir a soberania nacional no setor de telecomunicações. Em última instância, os ganhos aferidos deverão ser traduzidos na disponibilização de soluções de conectividade mais acessíveis, estáveis, velozes e baratas para a indústria, comércio, setor de serviços e população em geral, sendo uma importante ferramenta para garantir o constante desenvolvimento tecnológico

em um contexto de sociedades e economias crescentemente integradas e dinâmicas.

As atividades

O projeto foi estruturado para execução em 36 meses, contando, para tanto, com atividades de estudo bibliográfico, simulação computacional, prototipação de dispositivos e validação em bancada laboratorial de sistemas ópticos de comunicação em cenários estratégicos de aplicação. Dentre tais cenários, vislumbra-se o desenvolvimento de soluções inovadoras para redes ópticas de transporte, as quais são responsáveis pela interligação de tráfego de longa distância e alta capacidade, e para redes ópticas de acesso, as quais permitem levar conectividade de qualidade até o usuário final. Em específico, alguns tópicos de especial interesse que devem ser explorados ao longo do projeto incluem a otimização de topologias sistêmicas de transmissão de tais redes, o aperfeiçoamento de algoritmos de processamento digital de sinais para a geração e recepção dos canais ópticos, o desenvolvimento de dispositivos fotônicos para a transmissão de sinais ópticos e o uso de aplicações de redes definidas por software para o controle e a monitoração de tais sistemas.

Para tanto, o projeto tem atividades de pesquisa e desenvolvimento agrupadas em seis grandes metas de execução: a Meta M1 prevê a realização de atividades de pesquisa e revisão do estado da arte e tendências de mercado para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; a Meta M2 prevê a realização de atividades de análise em ambiente computacional para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; a Meta M3 prevê a realização de atividades de validação preliminar em laboratório para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; a Meta M4 prevê a realização de atividades de desenvolvimento de dispositivos ópticos; a Meta M5 prevê a realização de atividades de validação experimental (incluindo provas de conceito) para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; por fim, a Meta M6 é transversal às demais e inclui a realização de atividades de gestão e acompanhamento da execução do projeto como um todo.

Estando em seus primeiros meses de execução, conforme previsto dentro do contexto da Meta M1, no momento a equipe encontra-se dedicada a uma profunda revisão do atual estado da técnica para os cenários a serem explorados, realizando um estudo bibliográfico dos trabalhos publicados nos principais eventos e periódicos científicos da área. As perspectivas tecnológicas encontradas em tal estudo deverão também ser complementadas com uma análise do cenário comercial, especialmente considerando o mercado brasileiro, e de padronizações estabelecidas pelos principais fóruns de discussão internacionais. Tais estudos deverão fornecer subsídios para a definição das tecnologias de maior interesse e relevância a serem exploradas futuramente em ambiente computacional, na Meta M2, e laboratorial, nas demais metas de execução técnica do projeto.

Os indicadores de P&D

- Patente: “[REDACTED]”. Depósito: Foi depositado em 14/12/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patentes caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

- Patente: “[REDACTED]”. Depósito: Foi depositado em 26/12/2023, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patentes caracterizado pelo título acima. Processo número [REDACTED].

Os desafios

O projeto, em sua essência, visa o desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras para redes ópticas no atual estado da arte em diferentes cenários de aplicação, trazendo desafios técnicos significativos e demandando a sua execução por equipe técnica multidisciplinar e altamente qualificada no assunto. Adicionalmente, as etapas de desenvolvimento e validação demandam o uso de infraestrutura computacional e laboratorial especializada, especialmente considerando a necessidade de atuação na atual fronteira tecnológica. De modo complementar, as tecnologias exploradas deverão ser aderentes aos requisitos do mercado, podendo, dessa forma serem transferidas para a indústria nacional e serem um ativo de fomento para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas em conectividade que de fato impactem a população, a economia e a ciência nacionais.

1.10 PROJETO SEGURANÇA, PRIVACIDADE, INCLUSÃO QUALIDADE NA TELEMEDICINA NO CONTEXTO DA WEB3.0 - 5GSAUDE

O contexto

O objetivo do projeto 5GSAUDE é o desenvolvimento de um conjunto de aplicações para o setor de saúde, baseadas nas tecnologias *blockchain*, Identidade Digital Descentralizada (IDD), Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e 5G. Serão desenvolvidas aplicações relacionadas com o prontuário eletrônico de paciente, emissão de certificados de vacinação, receitas digitais e monitoramento remoto de paciente.

Para suportar tais aplicações, serão desenvolvidas as seguintes infraestruturas: (i) conectividade 5G através de uma rede privada que funcionará em ambiente fechado e (ii) duas infraestruturas de *blockchain* permissionadas, sendo uma dedicada à realização de registros da identidade de pacientes, médicos e demais agentes de saúde que participarão dos testes e uma segunda *blockchain*, de propósito genérico, dedicada a armazenar os contratos inteligentes a serem utilizados pelas aplicações, assim como os registros resultantes da execução de tais contratos.

O projeto prevê a busca de parcerias com atores relevantes do setor, tais como secretarias de saúde municipal e/ou estadual, operadoras de planos de saúde e órgãos de governo, os quais poderão participar da definição dos requisitos das aplicações e dos testes piloto.

As atividades

O fato da assinatura do convênio e consequente liberação do primeiro aporte financeiro terem ocorrido em outubro de 2023, resulta que o tempo decorrido até

31/12/23, permitiu o início das atividades relacionadas às metas 1, 2, 3, 5 e 8, mas não foi suficiente para nenhuma conclusão ou produção de material relevante.

Portanto, o destaque no período fica reservado ao avanço relacionado à Meta 1, voltado principalmente para a prospecção tecnológica, regulatória e de padronização do setor da saúde.

Dentre os temas abordados destacam-se os conhecimentos adquiridos com os estudos desenvolvidos sobre:

- Mapeamento de papéis e atores a serem considerados;
- Os principais desafios dos Sistemas de Informação em Saúde;
- Interoperabilidade;
- Compartilhamento seguro de dados de pacientes;
- Quadro legal e regulatório;
- Diversas portarias, leis e projetos de leis relacionadas à questão;
- Padronização de Sistemas de Informação em Saúde;
- Conect SUS e Rede Nacional de Dados de Saúde – RNDS;
- Programa de apoio à informatização de estabelecimentos de saúde;
- Prontuário eletrônico do cidadão;
- Emissão de certificados de vacinação;
- Serviços de prescrição eletrônica.

Os indicadores de P&D

Não foram gerados indicadores de P&D em 2023.

Os desafios

Dentre os desafios mapeados, destacam-se:

- O design apropriado das aplicações e respectiva avaliação destas através de testes piloto em ambiente relevante. Tanto o processo de design como a realização dos testes demandarão a construção de parcerias tais como, Ministério da Saúde, Secretaria de Governo Digital do Ministério de Gestão e Inovação dos Serviços Públicos, Secretaria de Saúde municipal ou estadual, operadora de plano de saúde e startups. Portanto, a realização de parcerias é um ponto de extrema relevância para o sucesso do projeto, ou seja, a não realização destas é considerado um alto risco para o projeto;
- A disponibilidade de recursos é essencial para a execução do projeto. As ações mitigatórias possíveis em um cenário de escassez de recursos orçamentários e/ou financeiros vão do ajuste do cronograma à redução do escopo inicialmente previsto.

1.11 Indicadores

Nos Capítulos correspondentes aos projetos individuais, são relacionados indicadores de progresso obtidos durante o exercício de 2023. As tabelas a seguir apresentam um resumo quantitativo destes indicadores.

1.11.1 Indicadores consolidados de todos os projetos

Código	Indicador	Quantidade planejada 2023	Quantidade realizada 2023
PTC	Produção técnico-científica Produções técnico científicas na forma de Anais de eventos nacionais e internacionais, Artigos em periódicos nacionais e internacionais, livros com ISBN, capítulos de livros com ISBN, Dissertações de mestrado e Teses de doutorado. Artigos científicos e papers publicados em veículos de divulgação classificados, pelo sistema Qualis da Capes, com qualidade correspondente a A1, A2, B1 e B2 ou equivalentes	28	104
DP	Desenvolvimento de pessoas Somatória da média mensal de pesquisadores alocados em cada projeto ou atividade apoiada pelo Funttel, em todas as instituições, no ano de referência	57	62
PI	Propriedade Intelectual Quantidade de pedidos de registro de propriedade intelectual - Patentes, Registros de Software, Modelos de Utilidade, Desenhos Industriais, Segredos Industriais, Marcas, Topografias de Circuitos Integrados e Licenças Free Open Source Software - resultantes dos projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel	07	36
ProdTecC	Produtos e Tecnologias Comercializáveis Quantidade de tecnologias transferíveis e ou produtos prontos para comercialização ou industrialização resultantes de projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel	7	3

1.11.2 Indicadores por projeto

Geração de Conhecimento				
Produção Técnico – Científica – PTC				
Produções técnico científicas na forma de Anais de eventos nacionais e internacionais, Artigos em periódicos nacionais e internacionais, livros com ISBN, capítulos de livros com ISBN, Dissertações de mestrado e Teses de doutorado				
Artigos científicos e papers publicados em veículos de divulgação classificados, pelo sistema Qualis da Capes, com qualidade correspondente a A1, A2, B1 e B2 ou equivalentes				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - InDiEsc	0	7	7	
2 - GR 4.0	9	6	-3	Devido aos desafios enfrentados no projeto para a conclusão da meta M3 (geração e experimentação de modelos de IA) foi necessário estender as atividades para 2024.
3 - Redes Futuras	9	8	-1	Houve o atraso na entrega dos <i>white papers</i> da M1, com o adiantamento da entrega de duas publicações da M3
4 - Plat 5G	0	24	24	Maior dedicação na produção técnico-científica.
5 - TeranetFase2	0	11	11	O projeto teve seu período de execução estendido, culminando em resultados significativos e passíveis de publicações.
6 - TECSEG	10	44	34	A elaboração dos Relatórios Técnicos previstos, aliado ao bom aproveitamento das oportunidades para: capacitação da equipe através de participação em eventos, assistindo e promovendo palestras; para obtenção de certificações; para participação em grupos de trabalho envolvendo o tema padronização, além de implantação e suporte a redes <i>blockchain</i> , proporcionaram quantidade expressiva de publicações e participações.
7 - Semear	0	4	4	
8 - ROTA-x	0	0	0	
9 - 5GSAUDE	0	0	0	O projeto teve início em Out/23 de forma que não houve tempo suficiente para produção técnico-científica
TOTAL	28	104	76	

Geração de Conhecimento				
Desenvolvimento de Pessoas – DP				
(contribuição do Funttel para o desenvolvimento de pessoas e equipes através da atuação em projetos de P&D)				
Somatória da média mensal de pesquisadores alocados em cada projeto ou atividade apoiada pelo Funttel, em todas as instituições, no ano de referência				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - InDiEsc	0,00	0,00	0,00	Processo de alocação de equipe demandou mais tempo que o previsto, principalmente quanto a novos colaboradores
2 - GR 4.0	9,25	9,25	0,00	Maior foco nos indicadores de Geração de Conhecimento e Inovação Tecnológica.
3 - Redes Futuras	9,13	5,63	-3,49	Com a extensão do projeto, horas para realização anterior foram realizadas em 2023.
4 - Plat 5G	10,00	15,68	5,68	O pequeno desvio a maior deve-se ao envolvimento de pesquisadores que complementaram a equipe executora para melhor atender às necessidades identificadas em tempo de projeto.
5 - TeranetFase2	0,00	3,77	3,77	
6 - TECSEG	15,43	18,16	2,72	O projeto teve início em Nov/23 e várias posições estão sendo preenchidas/revistas nos próximos meses.
7 - Semear	1,09	1,09	0,00	O projeto teve início em Out/23 e algumas posições ainda não haviam sido preenchidas
8 - ROTA-x	6,93	3,66	-3,27	Processo de alocação de equipe demandou mais tempo que o previsto, principalmente quanto a novos colaboradores
9 - 5GSAUDE	5,52	4,62	-0,90	Maior foco nos indicadores de Geração de Conhecimento e Inovação Tecnológica.
Total	57,35	61,86	4,51	

Inovação Tecnológica				
Propriedade Intelectual – PI				
Quantidade de pedidos de registro de propriedade intelectual - Patentes, Registros de Software, Modelos de Utilidade, Desenhos Industriais, Segredos Industriais, Marcas, Topografias de Circuitos Integrados e Licenças Free Open Source Software - resultantes dos projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - InDiEsc	0	0	0	
2 - GR 4.0	0	0	0	
3 - Redes Futuras	0	0	0	
4 - Plat 5G	0	13	13	Além da relevância e qualidade dos resultados obtidos durante o período, em diversos deles foram identificadas atividade inovativa e inventiva, que possibilitaram atingir um número de proteção de propriedade intelectual acima do planejado.
5 - TeranetFase2	0	6	6	O projeto teve seu período de execução estendido, ainda gerando resultados inovadores com atividade inventiva, passíveis de proteção por propriedade intelectual
6 - TECSEG	7	15	8	As pesquisas e desenvolvimentos no período foram bem sucedidas a ponto de superar a quantidade de registros estimada inicialmente.
7 - Semear	0	0	0	
8 - ROTA-x	0	2	2	Os estudos iniciais do projeto já geraram ideias inovadoras, passíveis de proteção por propriedade intelectual.
9 - 5GSAUDE	0	0	0	O projeto teve início em Out/23 de forma que não houve tempo suficiente de desenvolvimento passível de proteção da propriedade intelectual
Total	7	36	29	

Inovação Tecnológica				
Produtos e Tecnologias Comercializáveis – ProdTecC				
Quantidade de tecnologias transferíveis e ou produtos prontos para comercialização ou industrialização resultantes de projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - InDiEsc	0	0	0	
2 - GR 4.0	0	0	0	
3 - Redes Futuras	0	0	0	
4 - Plat 5G	2	2	0	
5 - TeranetFase2	0	0	0	
6 - TECSEG	5	1	-4	Devido à morosidade dos tramites formais para o estabelecimento de parcerias que viabilizem o desenvolvimento e implantação de aplicações (MVPs) em casos reais ou em provas de conceito, no período foi possível o atingimento parcial deste indicador.
7 - Semear	0	0	0	
8 - ROTA-x	0	0	0	
9 - 5GSAUDE	0	0	0	
Total	7	3	-4	