

Gestão do desenvolvimento tecnológico na Neoenergia: o caso do GODEL Smart Sensor

Tema: Novos modelos de negócio

Autores: João Manoel Menezes da Fonseca

Co-Autores: José Antonio de Souza Brito, Gustavo Travassos Aguiar da Silva, Janine Souza Dórea Costa, Carlos Ademar Purim, Giancarlo Covolo Heck, Vitoldo Swinka Filho, Robert Eufrázio Ramos, Bruno Henrique da Silva, Marcel Kuhne, Adriel Guimarães de Lima

Empresa: Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - Neoenergia Coelba

Resumo

O desenvolvimento tecnológico no setor elétrico é essencial para a modernização e eficiência das redes de distribuição e transmissão de energia. Este artigo apresenta o caso do GODEL Smart Sensor, uma inovação tecnológica desenvolvida pela Neoenergia no âmbito do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) da ANEEL. O sensor, projetado para monitorar grandezas elétricas em linhas de sub-transmissão de 69kV a 138kV, detecta faltas e mede correntes de curto-circuito, fornecendo informações em tempo real ao Centro de Operações. Este trabalho detalha o histórico do desenvolvimento do GODEL Smart Sensor, que passou por diversas etapas, desde a concepção do protótipo até a sua inserção no mercado, destacando a importância da gestão da inovação, da colaboração com parceiros estratégicos e da realização de testes de campo. Este estudo oferece insights valiosos sobre a gestão do desenvolvimento tecnológico, aplicáveis a diversos contextos de projetos de PDI.

1. Introdução

O desenvolvimento tecnológico no setor elétrico é um fator crucial para a modernização e eficiência das redes de distribuição e transmissão de energia. A inovação tecnológica permite a criação de soluções avançadas que melhoram a confiabilidade, segurança e sustentabilidade do fornecimento de energia elétrica. Segundo o Manual de Oslo (4ª edição, 2018), a inovação é um processo complexo que envolve a criação, desenvolvimento e implementação de novos produtos, processos ou serviços que resultam em melhorias significativas para as empresas e a sociedade (OCDE, 2018). A gestão da inovação tecnológica, conforme descrito no Manual de Patentes da OCDE, é essencial para garantir que as inovações sejam protegidas e possam ser comercializadas de forma eficaz (OCDE, 2009).

No Brasil, o Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), instituído pela Lei 9.991 de 2000, desempenha um papel fundamental no incentivo ao desenvolvimento tecnológico no setor elétrico. Este programa direciona investimentos compulsórios em inovação para as empresas do setor, garantindo a presença de recursos ao longo de toda a cadeia produtiva. Em 2022, a ANEEL aprovou novas regras que reforçam a importância de que os desenvolvimentos atinjam níveis de maturidade tecnológica mais elevados, o que traduz a inserção dos produtos no mercado, transformando as invenções em inovações, de fato.

O GODEL Smart Sensor é um exemplo notável de inovação tecnológica. Ele faz parte da família de tecnologias GODEL para Redes Inteligentes, desenvolvida no âmbito do Programa de PDI da Neoenergia, regulado pela ANEEL. Este sensor inteligente para linhas de transmissão de 69kV a 138kV foi projetado para monitorar grandezas elétricas, detectar faltas e medir correntes de curto-circuito, fornecendo informações em tempo real ao Centro de Operações.

O objetivo deste artigo é apresentar o histórico do desenvolvimento do GODEL Smart Sensor, até o presente momento, a fim de obter insights do desenvolvimento tecnológico que possam ser aplicados aos mais diversos contextos de projetos de PDI, destacando a gestão da inovação, a aplicação da escala TRL e as metodologias de desenvolvimento utilizadas.

2. Desenvolvimento

O **GODEL Smart Sensor 69kV a 138 kV** é um produto inovador desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) da Neoenergia, regulado pela ANEEL. Este sensor inteligente foi projetado para monitorar grandezas elétricas em linhas de subtransmissão de 69kV a 138kV, detectando faltas e medindo correntes de curto-circuito, fornecendo informações em tempo real ao Centro de Operações.

O conjunto do GODEL Smart Sensor é composto de três sensores inteligentes, um para cada fase da rede, como ilustrado na Figura 1. Estes sensores são alimentados por um pequeno painel fotovoltaico na sua parte superior e a energia é armazenada em supercapacitores.



Figura 1 - Conjunto Sensor Inteligente composto pelos Sensores e Unidade Concentradora

O equipamento, no entanto, é apenas um dos componentes da solução completa para o monitoramento das linhas de subtransmissão, cuja arquitetura é demonstrada na Figura 2. Os três sensores se comunicam via radiofrequência com a unidade concentradora. É possível estabelecer uma comunicação local com o equipamento utilizando um notebook, através de um dongle ou bluetooth. Os dados são enviados para os servidores através de dois canais distintos: utilizando o protocolo DNP3 para comunicação tempo real com

o SCADA da distribuidora e utilizando o protocolo WEB (um protocolo proprietário) para envio dos dados ao "servidor web", ou Servidor de Telemetria, para utilização em estudos de engenharia.

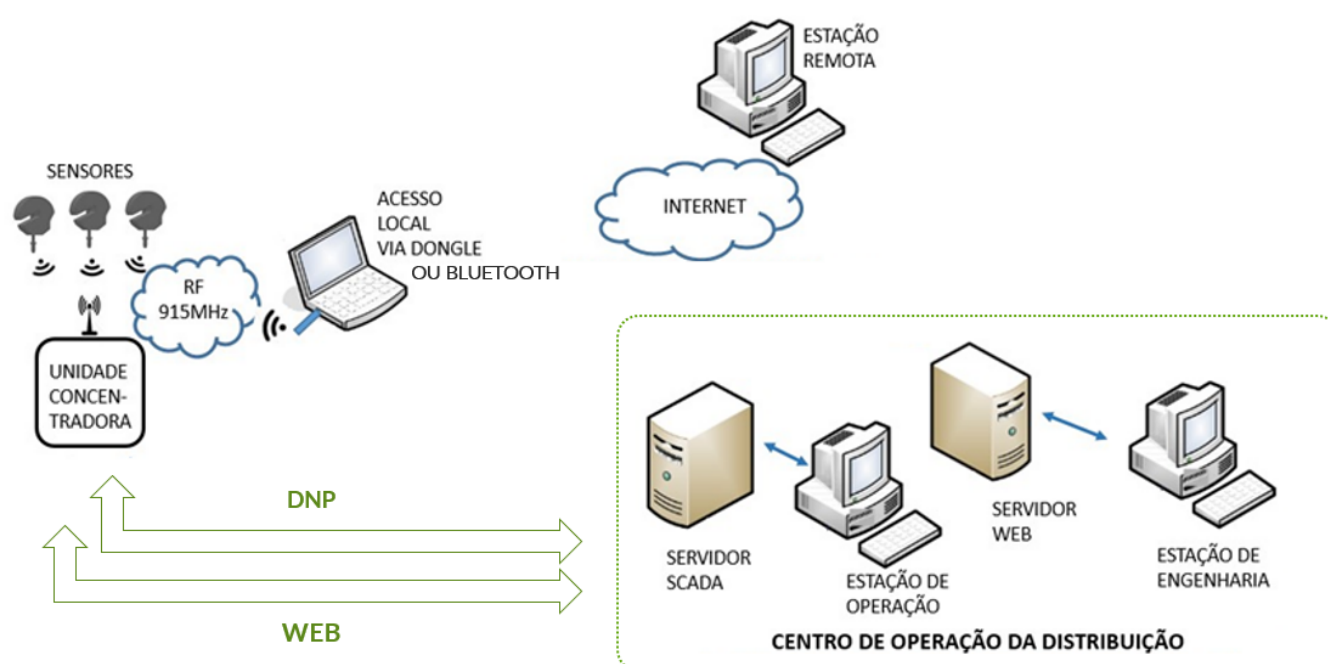


Figura 2 - Arquitetura completa do GODEL Smart Sensor

O projeto do GODEL Smart Sensor faz parte da família de tecnologias GODEL para Redes Inteligentes, que está ancorada nos pilares de Perdas e Qualidade. A tecnologia evoluiu a partir de um produto anterior da mesma família, o GODEL Smart Sensor 34,5kV, que já é amplamente utilizado em redes de distribuição no Brasil, tanto pela Neoenergia como por outras empresas do setor.

O GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV passou por diversas etapas de desenvolvimento. De 2016 a 2019, foi realizada a fase de "desenvolvimento experimental", na qual foi desenvolvido o primeiro protótipo do equipamento, que foi submetido a testes laboratoriais e de campo. Ao final dessa etapa, o protótipo atingiu o TRL 5. De 2020 a 2022, foi realizada a fase "cabeça de série", quando houve avanços significativos com relação ao primeiro protótipo, também tendo sido realizados testes de laboratório e em campo. Essa fase posicionou o produto no TRL 7.

Em 2024, foi iniciada uma nova etapa do projeto, cujo objetivo é fazer o produto atingir o TRL 9, ou seja, disponibilizá-lo ao mercado.

O desenvolvimento dessa tecnologia conta com a colaboração de parceiros estratégicos: o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Lactec) e a Tecsys do Brasil Indústria Ltda., que desempenharam papéis cruciais na pesquisa, desenvolvimento e fabricação dos sensores.

Neste trabalho, serão explorados insights e práticas da Neoenergia para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, aplicadas concretamente no caso do GODEL Smart Sensor, destacando como contribuíram para o sucesso do desenvolvimento tecnológico deste produto. Espera-se que estes insights sejam valiosos no planejamento e na gestão de projetos de desenvolvimento tecnológico em outros contextos, principalmente no âmbito do Programa de PDI da ANEEL.

2.1 - Os pilares do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Neoenergia

A Inovação Tecnológica é um dos pilares estratégicos da Neoenergia. A empresa é líder em inovação dentro do setor energético, protagonizando a transição por um modelo de energia elétrica mais sustentável e acessível. Através do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI), regulado pela ANEEL, a

Neoenergia investe, anualmente, aproximadamente R\$ 75 milhões em projetos para desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

A Figura 3 ilustra os quatro pilares de atuação que do Programa de PDI da Neoenergia.



Figura 3 - Pilares do Programa de PDI da Neoenergia

O Programa de PDI da Neoenergia funciona como um hub de inovação em rede, do qual participam 27 empresas, sendo 5 distribuidoras, 7 geradoras e 17 transmissoras, que reuniram, nos últimos anos, mais de 1.400 pesquisadores e mais de 70 parceiros tecnológicos, entre universidades, institutos de ciência e tecnologia, parceiros industriais, startups e empresas de base tecnológica.

O objetivo do Programa é viabilizar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras que trazem impactos positivos para os negócios e benefícios para os clientes. Os projetos de PDI da Neoenergia buscam soluções para superar os desafios técnicos do dia a dia do negócio, desenvolver e capacitar pessoal próprio e de terceiros, contribuir para a modicidade tarifária, diminuir o impacto ambiental e a dependência tecnológica do país, além de se destacarem agregando valor ao produto e serviços prestados. Dessa forma, o Programa de PDI contribui para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia no Brasil.

Além disso, a Neoenergia pratica um processo de gestão da propriedade intelectual de forma consistente, através da proteção abrangente das inovações tecnológicas advindas dos projetos de PDI, possibilitando a sua inserção no mercado através de parcerias de licenciamento comercial.

2.2 - Desenvolvimento do GODEL Smart Sensor

2.2.1 - Rede de inovação

Para o sucesso no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, a Neoenergia adota um processo criterioso na seleção de parceiros de PDI, avaliando fatores como expertise técnica, capacidade de inovação, infraestrutura e histórico de colaboração. A escolha é baseada na complementaridade das competências e na contribuição para os objetivos estratégicos do projeto.

A Neoenergia valoriza relações de longo prazo com seus parceiros, promovendo um ambiente de confiança e colaboração mútua. A empresa busca parceiros que compartilhem sua visão de inovação e compromisso com a excelência, garantindo a eficiência e eficácia dos projetos de PDI.

O primeiro insight que pode-se observar é:

1 - Seja criterioso na escolha dos parceiros e busque construir relações de longo prazo.

O Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Lactec) e a Tecsys do Brasil Indústria Ltda. são parceiros-chave no desenvolvimento do GODEL Smart Sensor. O Lactec contribuiu com sua expertise em pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico, enquanto a Tecsys foi responsável pela fabricação e integração dos componentes eletrônicos, garantindo a qualidade e funcionalidade dos produtos.

Essas parcerias permitiram à Neoenergia acelerar o desenvolvimento e garantir a robustez dos sensores. A colaboração estreita entre as equipes técnicas foi crucial para superar desafios técnicos e implementar soluções inovadoras.

A inclusão de um parceiro industrial desde a etapa inicial do projeto de PDI é essencial. Esse parceiro traz uma visão prática e orientada para o mercado, contribuindo para que o desenvolvimento do produto atenda às necessidades reais da indústria. Além disso, permite colaborar na definição de especificações técnicas, testes de campo e ajustes necessários para a viabilidade comercial do produto.

No caso do GODEL Smart Sensor, a Tecsys garantiu que os sensores fossem projetados para atender aos requisitos técnicos e serem viáveis em termos de produção e comercialização. Essa abordagem facilita a transição do produto do laboratório para o mercado, aumentando as chances de sucesso comercial.

O segundo insight, portanto, é:

2 - Conte com um parceiro industrial desde as primeiras etapas do projeto de PDI.

2.2.2 - Histórico do desenvolvimento e status atual

O GODEL Smart Sensor para linhas de 69kV a 138kV foi desenvolvido a partir de outro produto da família GODEL, o GODEL Smart Sensor 34,5kV, cuja primeira versão foi lançada ao mercado em 2015 com a funcionalidade de detecção de faltas em tempo real e a comunicação com o centro de operações. Em 2016, foi lançada uma segunda versão com medição do ângulo de fator de potência para monitorar perdas de energia.

A Figura 4 mostra o histórico do desenvolvimento do GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV na escala **TRL (Technology Readiness Level)**, que avalia a maturidade tecnológica em nove níveis, de TRL 1 - princípios básicos - até TRL 9 - operação comprovada em ambiente operacional (NASA, 2024). A ANEEL também adota a escala TRL para avaliar projetos de PDI, conforme descrito em seu guia de TRL, que fornece diretrizes específicas para cada nível de maturidade tecnológica (ANEEL, 2024).

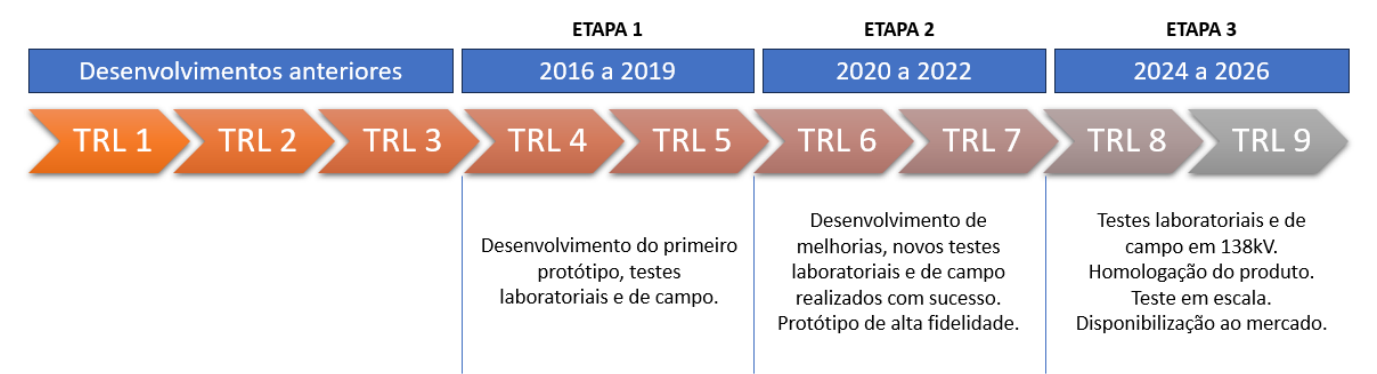


Figura 4 - Histórico do desenvolvimento do GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV

O desenvolvimento do GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV começou no TRL 4, pois os conceitos já haviam sido provados no sensor de 34,5kV.

Para aumentar as chances de sucesso, a Neoenergia adota uma abordagem de Gerenciamento de Produto, que abrange cinco fases: Desenvolvimento, Introdução, Crescimento, Maturidade e Declínio (ZENDESK, 2024; ECOMMERCE NA PRÁTICA, 2024). A área de PDI da Neoenergia já considera a inserção dos de-

envolvimentos no mercado desde o início do seu desenvolvimento, e monitora o ciclo de vida do produto, realizando melhorias contínuas.

Observa-se, portanto, o terceiro insight:

3 - Tenha uma abordagem de gerenciamento de produto e pense na inserção no mercado desde o início do desenvolvimento de novos produtos.

2.2.2.1 - Etapa 1 - Desenvolvimento do primeiro protótipo

Iniciada em 2016, a Etapa 1 visou desenvolver o protótipo do sensor para linhas de 69kV, aprimorando o GODEL Smart Sensor 34,5kV para operar em tensões mais elevadas. Foram implementadas modificações como:

- Equipotencialização dos sensores com a linha de 69kV
- Comunicação local via Bluetooth
- Nova versão do Servidor de Telemetria

Para tensões de 69kV, é necessário que o sensor esteja no mesmo potencial da linha para evitar trilhamento do material isolante. Equipotencializar significa interligar a massa do circuito eletrônico ao potencial do cabo de energia, o que foi um grande desafio devido ao centelhamento que poderia destruir o circuito eletrônico. A Figura 5 mostra o detalhe do contato de equipotencialização.



Figura 5 - Detalhe do contato de equipotencialização

Ao final dessa etapa, foi realizada a instalação em campo de 10 amostras do protótipo, para testes em um ambiente real.

Ao final dessa etapa, 10 protótipos foram instalados em campo para testes reais, essenciais para validar a tecnologia e acelerar seu avanço na escala TRL. Testes de campo permitem identificar e corrigir problemas, garantindo que o produto atenda aos requisitos de desempenho e confiabilidade.

A Neoenergia realiza testes em ambiente real desde o primeiro protótipo para acelerar o amadurecimento dos produtos. Os testes revelaram problemas na entrada do sensor no potencial da linha de 69kV, causando reinicializações e travamentos. Identificar esses problemas cedo é crucial para corrigi-los ao longo do desenvolvimento.

Disso depreende-se o quarto insight:

4 - Realize testes de campo, sempre que for viável, em todas as etapas de desenvolvimento tecnológico, a fim de identificar os problemas o mais cedo possível.

2.2.2.1 - Etapa 2 - Implementação de melhorias e desenvolvimento de protótipo de alta fidelidade

O primeiro desafio da Etapa 2 foi corrigir os problemas identificados nos testes de campo da Etapa 1. Diversas modificações foram implementadas para aumentar a imunidade do equipamento aos centelhamentos ao entrar no potencial da linha de 69kV. O Laboratório de Alta Tensão do Lactec foi fundamental para testar essas modificações.

Simulações computacionais não resolveram o problema, exigindo muitas horas de experimentos e tentativas frustradas. Foram realizadas blindagens, alterados circuitos e massas de terra, e testados novos materiais de isolamento, mas os problemas persistiram.

As incertezas são comuns no desenvolvimento de tecnologias inovadoras. Problemas iniciais podem ser contornados com mudanças de rota tecnológica. No caso do GODEL Smart Sensor, a equipe técnica realizou um brainstorming para encontrar alternativas. Decidiu-se desenvolver um novo protótipo com a placa eletrônica montada em outro ângulo, aumentando a imunidade aos centelhamentos.

O novo modelo, denominado "placa lateral", demonstrou maior imunidade devido ao reposicionamento da placa eletrônica. Blindagens adicionais e reposicionamento das trilhas de circuito impresso foram implementados, adotando este modelo para o protótipo de alta fidelidade.

Decidir mudar a rota tecnológica depois de ter um protótipo pronto, e ter de realizar novamente testes que já haviam sido realizados com sucesso, não é uma decisão trivial. Trata-se de um retrabalho que exige novos investimentos, porém, por vezes, é uma atitude necessária para atingir os objetivos propostos num projeto de desenvolvimento tecnológico, em que os níveis de incerteza são elevados.

É possível observar o quinto insight:

5 - Faça a gestão das incertezas estando aberto a mudanças de rota tecnológica.

Com o principal desafio superado, foi possível iniciar o desenvolvimento das novas *features* previstas para o GODEL Smart Sensor:

- **Sinalização local de falta permanente.** A Unidade Concentradora agora possui uma sinalização luminosa para indicar falhas detectadas pelos sensores. Cada sensor também tem um LED de alto brilho para indicar falhas específicas.
- **Mudança automática do canal de radiofrequência.** Em áreas com muitas comunicações, o sistema pode trocar automaticamente de canal para reduzir o ruído e melhorar a comunicação entre sensores e a unidade concentradora.
- **Atualização remota de firmware.** O firmware pode ser atualizado remotamente através do Servidor de Telemetria, permitindo a implementação de novas funcionalidades sem necessidade de intervenção local.
- **Operação com seis sensores.** A unidade concentradora pode se comunicar com até seis sensores, economizando recursos ao monitorar uma linha e seu ramal.

- **Nova método para medição do fator de potência.** Medição mais precisa do ângulo de fator de potência usando o método da corrente induzida, que foi patenteado.
- **Sensor de temperatura do cabo.** Medição da temperatura superficial do condutor para avaliações de ampacidade dinâmica, permitindo operação com carga adicional.
- **Implementação do protocolo IEC-104.** Versão do equipamento para exportação usando o protocolo IEC-104 em vez do DNP-3 para comunicação com o SCADA.
- **Aperfeiçoamentos do firmware.** Utilização do GPS da concentradora para sincronização de relógio, mapa DNP-3 configurável e outras melhorias.
- **Aperfeiçoamentos do servidor de telemetria.** Novas opções de configuração remota dos equipamentos, novas telas de busca e comparação de medições e outras melhorias.

Algumas novas funcionalidades avançaram mais na Etapa 2 e continuam em desenvolvimento ou consolidação na Etapa 3. Destaca-se a medição de fator de potência pelo método da corrente induzida, que foi possibilitada porque a equipotencialização permitiu amostrar a pequena corrente entre o cabo e a massa do circuito, obtendo a forma de onda da tensão do cabo.

Anteriormente, usava-se um sensor capacitivo, suscetível às condições atmosféricas. O novo Sensor de Tensão por Corrente Induzida, patenteado no INPI, oferece maior precisão no ângulo de defasagem entre tensão e corrente, eliminando a necessidade de uma amostra da BT para monitoramento de perdas.

A Figura 6 mostra um teste comparativo entre o sensor capacitivo e o sensor por corrente induzida, em ambiente seco e úmido, demonstrando que a precisão obtida pelo segundo sensor é muito maior que a do primeiro.

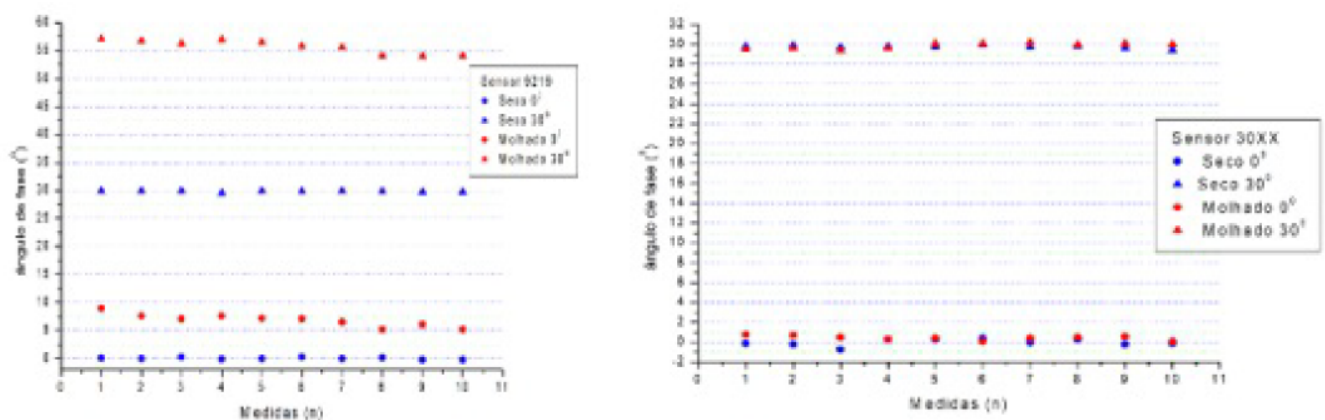


Figura 6 - Comparação entre o sensor por campo elétrico e por corrente induzida

A medição do fator de potência é crucial para monitoramento de perdas, mais relevante em redes de distribuição do que em linhas de subtransmissão. Apesar do sucesso, essa funcionalidade não será usada no GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV, mas será implementada no GODEL Smart Sensor 34,5kV, na nova versão para monitoramento de perdas, que incluirá outras funcionalidades desenvolvidas para o sensor de subtransmissão.

Podemos, portanto, observar o sexto insight:

6 - Pode fazer sentido desenvolver novas funcionalidades que serão implementadas em produtos já disponíveis ao mercado.

Além do sensor de corrente induzida, destaca-se também a funcionalidade do protocolo IEC-104. Esse protocolo não é utilizado no Brasil, e não atende a uma demanda específica da Neoenergia. Esse requisito foi incluído no projeto com o objetivo de atender à demanda externa, pois esse protocolo é utilizado em

outros países. Essa prática reforça o terceiro insight observado neste trabalho, de já considerar a inserção no mercado desde o início do desenvolvimento do produto.

No escopo original da Etapa 2 estava prevista a instalação de mais 10 amostras atualizadas para testes em campo. No entanto, ao longo do projeto, decidiu-se acelerar os testes em campo, dividindo as amostras em dois lotes de 5 unidades cada. Essa estratégia reforça a prática da realização recursiva de testes de campo, a fim de acelerar a maturidade da tecnologia.

- Primeiro lote - Versão 1 (Detecção de faltas) - Sem o sensor de tensão por corrente induzida
- Segundo lote - Versão 2 (Completo) - Com o sensor de tensão por corrente induzida

A Tabela 1 apresenta as localidades nas quais as amostras foram instaladas em campo, com registros demonstrados na Figura 7.

Tabela 1 - Localidades e identificação dos equipamentos instalados em campo

LOCALIDADE	VERSÃO	DATA	ID da U.C.	ID SENSOR A	ID SENSOR B	ID SENSOR C
BARREIRAS (BA)	Detecção de faltas	18/06/2021	4843	10507	10508	10509
B. JESUS DA LAPA (BA)	Detecção de faltas	24/08/2021	4840	10498	10499	10500
BOQUIRA	Detecção de faltas	17/09/2021	4841	10501	10502	10503
ITAPEVA	Detecção de faltas	27/08/2021	4838	10492	10493	10494
VOTUPORANGA	Detecção de faltas	04/10/2021	4839	10495	10496	10497
VOTUPORANGA (SP)	Completo	25/02/2022	5301	11888	11889	11890
XIQUE XIQUE (BA)	Completo	08/03/2022	5299	11882	11883	11884
RECIFE (PE)	Completo	-	5300	11885	11886	11887
R. GRANDE DO NORTE	Completo	16/03/2022	5302	11891	11892	11893
R. GRANDE DO NORTE	Completo	17/03/2022	5303	11894	11895	11896



Figura 7 - Registros fotográficos das instalações

Os equipamentos foram instalados em campo com sucesso, demonstrando que os problemas relacionados à equipotencialização foram, de fato, superados. As Figuras 8, 9 e 10 apresentam alguns registros de ocorrência realizados por estes equipamentos e obtidos através do Servidor de Telemetria.

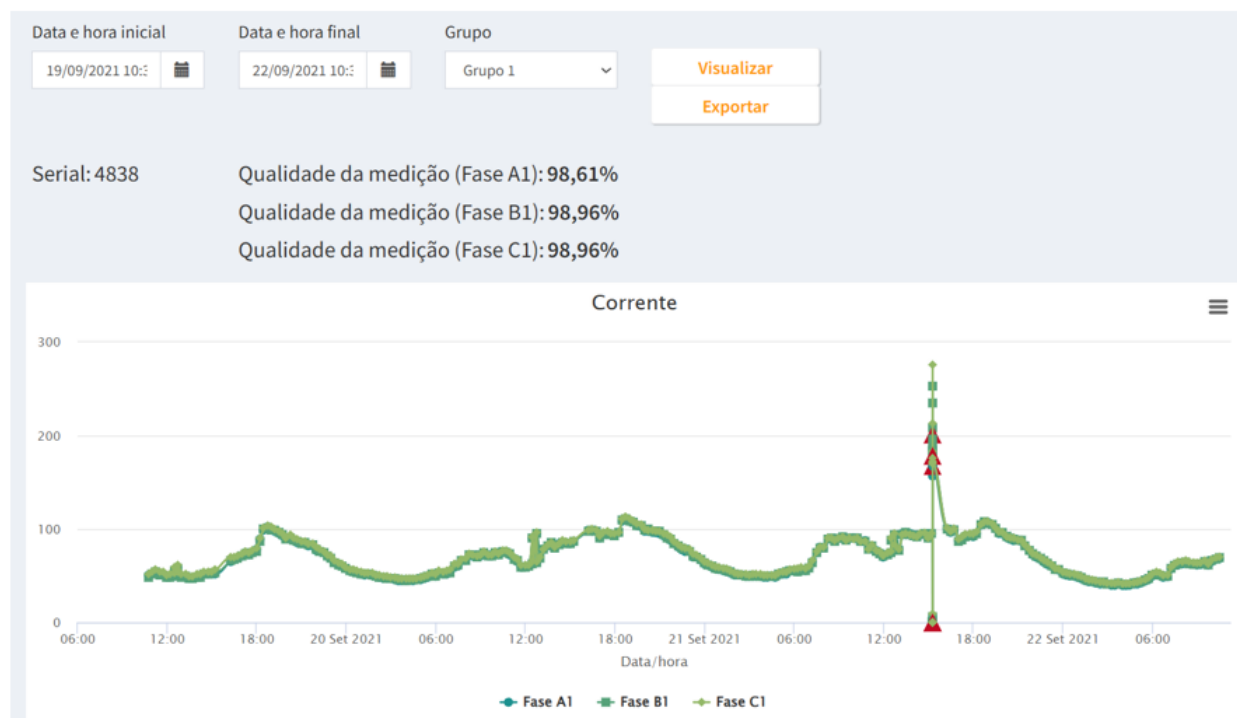


Figura 8 - Registro de evento no conjunto 4838 – Itapeva

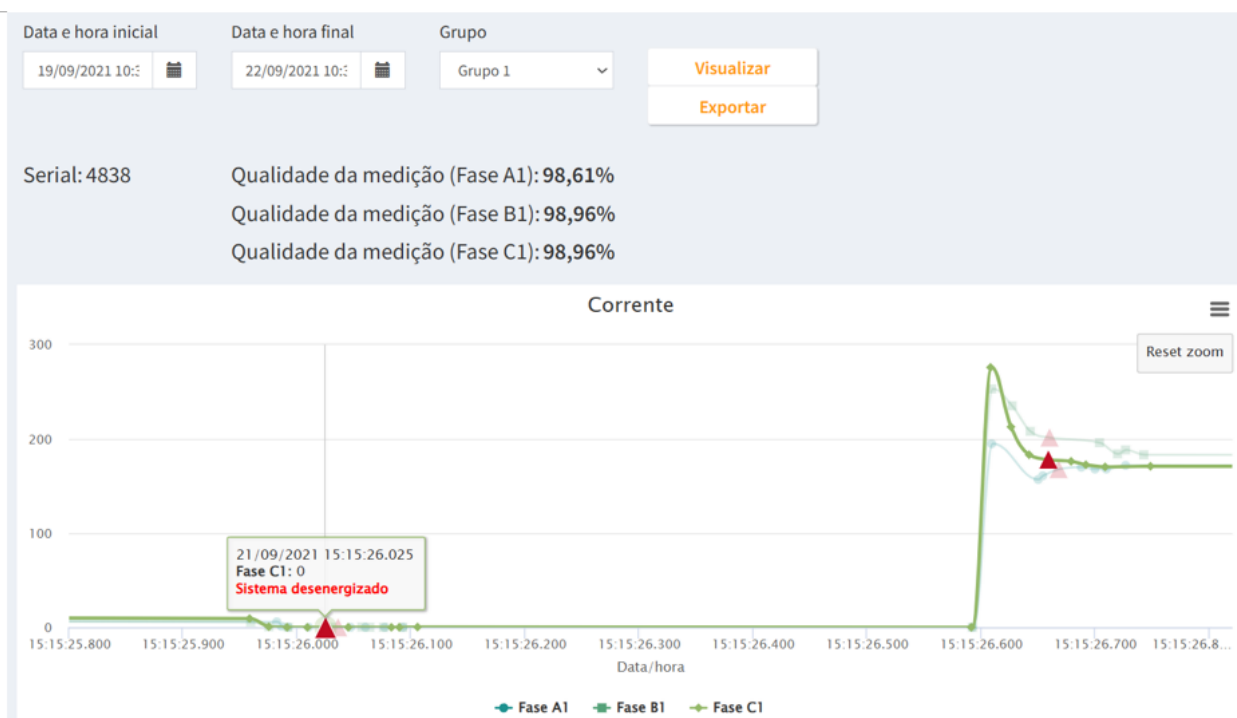


Figura 9 - Ampliação (zoom) no evento do conjunto 4838

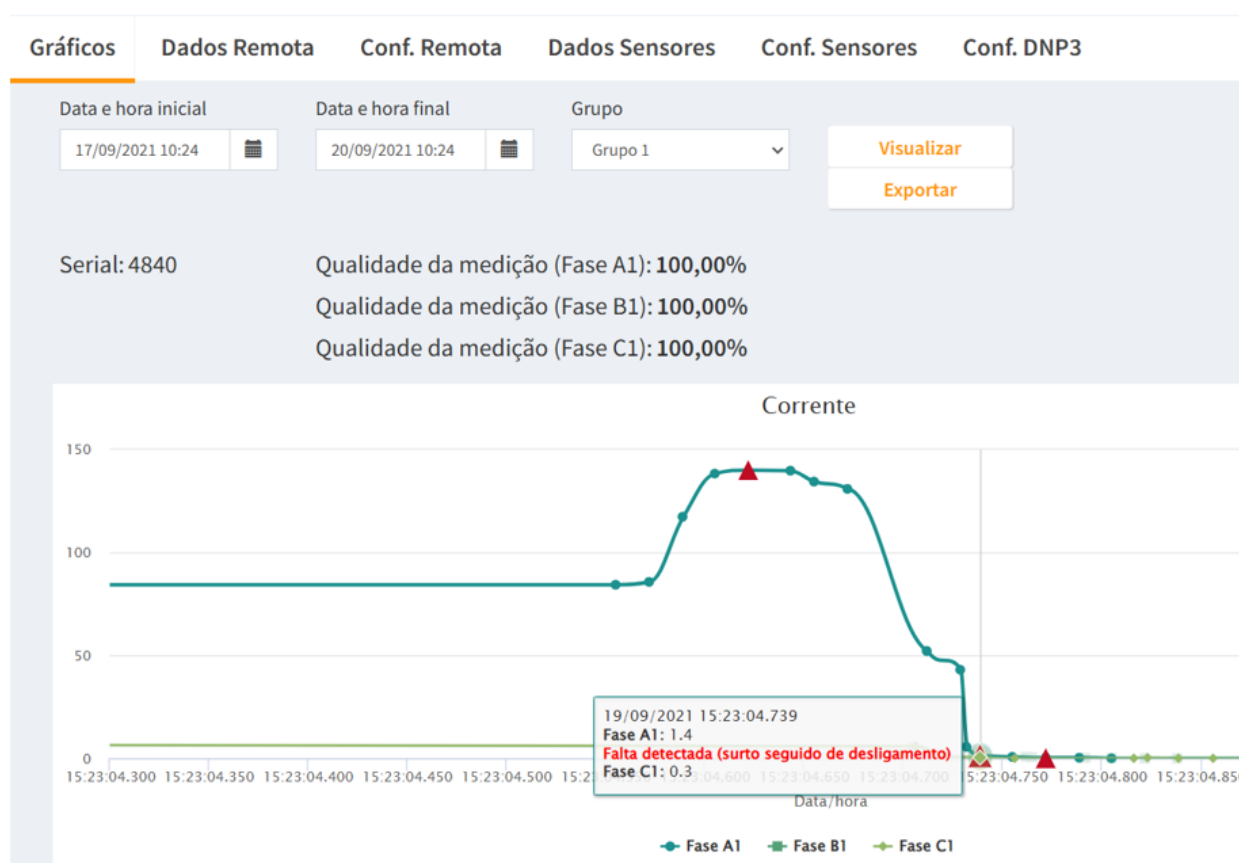


Figura 10 - Registro de evento no conjunto 4840 – Bom Jesus da Lapa

Apesar do sucesso inicial das 10 amostras instaladas em campo, alguns problemas surgiram após um tempo de operação. Foram identificadas microfissuras na carcaça do sensor, causadas por parafusos inadequados, permitindo a entrada de água e danificando a eletrônica. Esses sensores foram substituídos durante a Etapa 2.

Bugs de firmware relacionados aos ponteiros de memória também foram observados, causando falhas após longos períodos de aquisição de dados. Esses bugs foram corrigidos com uma nova versão de firmware. A versão "Completa" do equipamento, com o sensor de tensão por corrente induzida, apresentou uma queda na autonomia, exigindo ajustes para reduzir o consumo do sensor de tensão e garantir uma autonomia mínima viável.

Esses problemas reforçam a importância dos testes de campo recursivos em todas as etapas do desenvolvimento. Na Etapa 2, os testes prolongados permitiram identificar problemas que não seriam detectados em análises de curto prazo.

As 10 amostras continuam funcionando bem em campo, demonstrando que o protótipo de alta fidelidade atingiu o nível de maturidade TRL 7.

2.2.2.1 - Etapa 3 - Lote pioneiro e inserção do produto no mercado

Iniciada em abril de 2024, a Etapa 3 visa finalizar o desenvolvimento do GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV, atingindo o grau de maturidade TRL9 e inserindo o produto no mercado. O projeto foi dividido em duas macroetapas: o GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV e a nova versão do GODEL Smart Sensor 34,5kV Perdas.

O projeto foi dividido em duas macroetapas: o GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV e a nova versão do GODEL Smart Sensor 34,5kV Perdas. A Figura 11 apresenta o escopo resumido dessas duas macroetapas, com destaque para os marcos mais importantes.

GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV



- ☐ Melhorias no servidor de telemetria
- ☐ Ajustes de hardware para redução de custos e ajustes de firmware para funcionamento com rádio
- ☐ Implementação do sensor de temperatura do cabo
- ☐ Ensaios de suportabilidade e de tipo para verificar funcionamento em 138kV
- ☐ **Homologação do equipamento na Neoenergia**
- ☐ **Fabricação e instalação de lote pioneiro (100 conjuntos) nas distribuidoras da Neoenergia**
- ☐ Acompanhamento dos resultados e handover para as áreas de negócio

Nova versão GODEL Smart Sensor 34,5kV



- ☐ Redução do consumo do sensor de corrente induzida para medição de fator de potência
- ☐ Comparação dos métodos de medição de fator de potência
- ☐ **Fabricação, instalação em campo e acompanhamento dos resultados (10 conjuntos)**



Figura 11 - Escopo das macroetapas da Etapa 3 do projeto

O escopo da Etapa 3 inclui o desenvolvimento de funcionalidades adicionais (como medição de temperatura do cabo e redução de consumo do sensor de corrente induzida), testes de campo em larga escala (100 conjuntos para linhas de subtransmissão e 10 conjuntos para redes de distribuição), e ações para inserção do produto no mercado (redução de custo, homologação e handover).

Um item de destaque do escopo são os testes de operação do GODEL Smart Sensor em 138kV. Até a Etapa 2 do projeto, os testes se limitaram ao nível de tensão de 69kV. No entanto, como os conjuntos se mostraram altamente imunes aos centelhamentos provocados pela equipotencialização, decidiu-se testá-los na operação em 138kV. Entre maio e junho de 2024 foram realizados testes de suportabilidade, impulso e entrada em potencial no laboratório de alta tensão do Lactec, até o nível de tensão de 230kV fase-terra, com sucesso em todos os ensaios realizados.

Tendo em vista os bons resultados nos testes laboratoriais, foi preparado um conjunto para teste em campo em uma linha de 138kV. Mais uma vez, acelerou-se o teste de campo, com uma instalação que não estava originalmente prevista para acontecer no projeto. Essa instalação foi realizada na localidade de Trancoso, na Bahia, em agosto de 2024, e os seus registros fotográficos são apresentadas na Figura 12.



Figura 12 - Trabalhos de instalação do GODEL Smart Sensor em 138 kV

O conjunto está sendo monitorado pelo centro de operações e pelo Servidor de Telemetria. Até a conclusão deste trabalho nenhum problema foi detectado. A partir de então, o projeto passou a ser denominado GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV (anteriormente era tratado apenas como 69kV).

Temos, então, o sétimo insight:

7 - Teste os limites da tecnologia desenvolvida.

Além dos testes em 138kV, outro avanço significativo até o momento foi o redesenho do sensor de tensão por corrente induzida, através do que foi possível reduzir o consumo de energia desse componente, aumentando significativamente a autonomia do GODEL Smart Sensor, permitindo a implementação desse método de medição do fator de potência na nova versão do sensor para monitoramento de perdas em redes de distribuição.

Outros itens previstos para a Etapa 3 estão relacionados à inserção do produto no mercado, tanto do ponto de vista da internalização na Neoenergia como do ponto de vista da disponibilização ao mercado através do parceiro licenciado.

Foram incluídos como escopo do projeto tanto a homologação do equipamento na Neoenergia como o plano de handover, ou seja, o plano de "passagem de bastão", que permitirá conduzir a gestão da mudança do produto de um "ambiente" de projeto para um "ambiente" de processo do negócio.

A homologação interna do equipamento será conduzida pela área responsável (Automação de Redes), e os testes para este fim estão previstos para o primeiro semestre de 2025. Foi realizada uma conferência de todos os itens da Especificação Técnica existente, para garantir que o equipamento atenderia plenamente à demanda da empresa. Com relação ao plano de handover, serão levantadas todas as necessidades para que o negócio possa operar e manter a solução, como por exemplo normativos, procedimentos de instalação e manutenção, treinamentos, contratos de aquisição, entre outros. Parte dessas necessidades deverão ser atendidas ainda em tempo de projeto.

Temos, então, o oitavo insight:

8 - Realize a homologação do produto e o plano de handover durante a execução do projeto de PDI.

Além das ações para a internalização do produto na Neoenergia, também estão em andamento ações para a disponibilização do produto ao mercado. Uma das ações, parte do escopo da Etapa 3, é a readequação de componentes de hardware para a redução do custo de produção do equipamento, com o objetivo de torna-lo mais competitivo.

Ao final desta etapa, espera-se ter os produtos homologados (tanto o sensor de subtransmissão como a nova versão de perdas), o lote pioneiro em operação, o plano de handover pronto e em execução, além do contrato de licenciamento assinado, permitindo que o parceiro licenciado explore comercialmente a tecnologia.

2.2.3 - Propriedade Intelectual (PI)

Um pilar fundamental do processo de desenvolvimento tecnológico da Neoenergia é a propriedade intelectual e industrial das tecnologias originadas nos projetos de PDI. A empresa trabalha com uma prática de proteção abrangente, buscando proteger um mesmo desenvolvimento de múltiplas formas, seja através de acordos de confidencialidade (quando ainda não há possibilidade de registro), seja através de patentes, registros de software, desenhos industriais, marcas etc.

O GODEL Smart Sensor, tanto na sua versão para redes de distribuição como na versão para linhas de subtransmissão, bem como os outros componentes de sua arquitetura, são objetos de registro de PI junto ao INPI. A Tabela 2 apresenta os registros e concessões realizados. São quatro patentes de invenção, sendo três já concedidas, além de 5 registros de programa de computador e 1 marca.

Tabela 2 - Registros de Propriedade Intelectual do GODEL Smart Sensor

TIPO DE PI	STATUS	PROCESSO	TÍTULO
Patente de invenção	Pedido de patente	102022001156-7	CIRCUITO E MÉTODO DE MEDIÇÃO DE TENSÃO E ÂNGULO DE FASE POR CORRENTE INDUZIDA.
Patente de invenção	Patente concedida	102015031438-8	SISTEMA DE MEDIÇÃO/CÁLCULO DA CORRENTE DE DESEQUILÍBRIO EM REDES ELÉTRICAS TRIFÁSICAS SEM CONEXÃO FÍSICA ENTRE AS TRÊS FASES
Patente de invenção	Patente concedida	102015031451-5	EQUIPAMENTO MEDIDOR DE CORRENTE ELÉTRICA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM ALIMENTAÇÃO POR CÉLULA FOTOVOLTAICA E SUPERCAPACITOR
Patente de invenção	Patente concedida	102018002023-4	MEDIÇÃO DE ÂNGULO DE FASE ENTRE A TENSÃO DA BAIXA TENSÃO E AS CORRENTES TRIFÁSICAS DA ALTA TENSÃO, SINCRONIZADA POR SINAL DE RADIOFREQUÊNCIA
Registro de software	Registro realizado	512019002383-8	Software embarcado do Sensor com sincronismo com a Remota, para medição de ângulo de fase entre corrente e tensão (V4006)
Registro de software	Registro realizado	512019002382-0	Software embarcado da Remota com sincronismo com 3 Sensores, para medição dos três ângulos de fase entre a BT e as três correntes da AT (V4008)
Registro de software	Registro realizado	512017000942-2	AMBIENTE GERENCIADOR DO SISTEMA DE SENSORES DE FALTA EM MÉDIA TENSÃO (...)
Registro de software	Registro realizado	512017000943-0	SISTEMA DE CONTROLE DO EQUIPAMENTO DE SENSORES DE FALTA EM (...)
Registro de software	Registro realizado	512017000941-4	SISTEMA DE CONTROLE DO EQUIPAMENTO REMOTO DO SISTEMA DE SENSORES DE FALTA EM (...)
Marca	Registro realizado	933567391	GODEL
Marca	Registro realizado	933567502	GODEL

Essa estratégia de gestão da propriedade intelectual é um dos aspectos que permitem o licenciamento desta PI com vistas à exploração comercial das tecnologias desenvolvidas. Portanto, esse também é um insight:

9 - Proteja a Propriedade Intelectual de forma abrangente, através de múltiplos registros para um mesmo desenvolvimento.

2.3 - Resultados do GODEL Smart Sensor

A aplicação do GODEL Smart Sensor para redes de distribuição nas empresas da Neoenergia trouxe resultados importantes, tanto em termos de redução dos tempos médios de atendimento em ocorrências nos circuitos monitorados, como também em termos de redução de perdas técnicas e não técnicas a partir do apontamento dos sensores. Espera-se que o GODEL Smart Sensor 69kV a 138kV, uma vez aplicado, também promova uma melhoria na qualidade do fornecimento, reduzindo os tempos de manutenção das linhas de subtransmissão a partir de uma detecção de faltas em tempo real e de uma melhor localização do ponto de defeito.

No entanto, o foco deste trabalho são os indicadores relacionados ao desenvolvimento tecnológico e sua inserção no mercado, para os quais a Neoenergia apresenta outros resultados significativos. Em termos de licenciamento do GODEL Smart Sensor, a empresa possui 2 contratos de licenciamento assinados, relativos ao licenciamento do produto em si, bem como de patentes, para a fabricação de equipamentos desenvolvidos por terceiros. Já com relação à comercialização das tecnologias, desde 2017, foram vendidas mais de 28 mil unidades do GODEL Smart Sensor. Essa comercialização gerou um faturamento superior a R\$ 132 milhões, o que proporcionou um retorno de royalties para a Neoenergia de mais de R\$ 6,3 milhões.

3. Conclusão

O desenvolvimento do GODEL Smart Sensor pela Neoenergia é um exemplo notável de inovação tecnológica no setor elétrico, destacando a importância de uma gestão eficaz da inovação e da colaboração estratégica. A parceria com o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Lactec) e a Tecsys do Brasil Indústria Ltda. foi fundamental para o sucesso do projeto, permitindo a aceleração do desenvolvimento e a garantia da robustez dos sensores em campo.

A Neoenergia adotou uma abordagem de gerenciamento de produto que envolveu a gestão do ciclo de vida do produto desde a concepção até a inserção no mercado. Essa abordagem incluiu a realização de testes de campo em todas as etapas do desenvolvimento, permitindo a identificação e correção precoce de problemas, o que acelerou a maturidade da tecnologia. A prática de realizar testes de campo em todas as etapas foi essencial para validar a tecnologia em condições reais e garantir que o produto atendessem aos requisitos de desempenho e confiabilidade necessários para sua implementação comercial.

Durante o desenvolvimento do GODEL Smart Sensor, a equipe enfrentou desafios significativos, como problemas de equipotencialização do sensor com a linha de 69kV. A gestão das incertezas e a disposição para mudar a rota tecnológica, como o reposicionamento da placa eletrônica, foram cruciais para superar esses desafios e avançar no desenvolvimento do produto. O projeto incluiu o desenvolvimento de novas funcionalidades, como a sinalização local de falta permanente, a mudança automática do canal de radiofrequência, a atualização remota de firmware e a medição do fator de potência pelo método da corrente induzida, aumentando a funcionalidade e a competitividade do produto no mercado.

A Neoenergia adotou uma estratégia abrangente de proteção da propriedade intelectual, registrando patentes, programas de computador e marcas, garantindo a viabilidade comercial do produto e permitindo o licenciamento da tecnologia para exploração comercial. A inserção do GODEL Smart Sensor no mercado envolveu a homologação interna do equipamento e a execução de um plano de handover para garantir a transição do produto de um ambiente de projeto para um ambiente de processo de negócio. A readequação de componentes de hardware para redução de custos também foi uma ação importante para tornar o produto mais competitivo.

Os resultados obtidos com o GODEL Smart Sensor, tanto em termos de desempenho técnico quanto de retorno financeiro, demonstram a eficácia das práticas de gestão adotadas pela Neoenergia. A comercial-

ização das tecnologias gerou um faturamento significativo e proporcionou um retorno de royalties para a empresa. Em resumo, o desenvolvimento do GODEL Smart Sensor pela Neoenergia oferece um modelo valioso para futuros projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI), evidenciando a importância de uma abordagem integrada e colaborativa para o desenvolvimento tecnológico no setor elétrico. A gestão eficaz da inovação, a realização de testes de campo recursivos, a proteção da propriedade intelectual e a inserção estratégica no mercado são práticas que contribuíram para o sucesso deste projeto e podem ser aplicadas em outros contextos de PDI.

4. Referências bibliográficas

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação. 4. ed. Paris: OCDE, 2018.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). Manual de Patentes. Paris: OCDE, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Lei 9.991 de 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao>. Acesso em: 28 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Guia de Avaliação da Maturidade Tecnológica. Disponível em: <https://biblioteca.aneel.gov.br/Busca/Download?codigoArquivo=179928>. Acesso em: 28 nov. 2024.

NEOENERGIA. GODEL Smart Sensor 69kV. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 28 nov. 2024.

EMBRAPA. Escala de maturidade tecnológica TRL/MRL. 2024.

ECOMMERCE NA PRÁTICA. O que é ciclo de vida do produto? Entenda sua importância e etapas. 2024. Disponível em: <https://ecommercenapratica.com/ciclo-de-vida-do-produto/>. Acesso em: 02 dez. 2024.

NASA. Technology Readiness Levels. 2024. Disponível em: <https://www.nasa.gov/trl>. Acesso em: 02 dez. 2024.

ZENDESK. Ciclo de vida do produto: o que é e qual a importância? 2024. Disponível em: <https://www.zendesk.com.br/blog/ciclo-de-vida-produto/>. Acesso em: 02 dez. 2024.