



GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL

ASSISTENTE VIRTUAL PARA CENTROS DE OPERAÇÃO

GABRIEL DE SOUZA PEREIRA GOMES (1); CAMILA BARBOSA GOMES DE ARAÚJO(1); JOÃO GABRIEL MELLO GONÇALVES(1); VICTOR MARINHO FURTADO(1); ADRISSON CONSONI FLORIANO(2); JULIA BEATRIZ RAMOS DA CONCEICAO(3); REGINALDO DE OLIVEIRA JUNIOR(4); PAULA MITIKO SHODA(3); FELIPE NASCIMENTO SILVA PENA(1); RANIELLY COELHO REIS(1); MATHEUS NASCIMENTO SOARES MARQUES DE LIMA(5); RODRIGO RAMOS DO AMARAL(6); LUCIANA MACEDO DE OLIVEIRA(6) RADIX ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE S/A(1); IFSC - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS(2); CPFL PIRATININGA(3); ENGIE(4); IFSC(5); CPFL ENERGIA(6)

RESUMO

Parte da coordenação da operação do setor elétrico, seja de geração, transmissão ou distribuição, é realizada via ligações telefônicas (ou rádios) entre equipes de tempo real dos agentes, técnicos em campo ou operadores ONS. Essas chamadas são gravadas e armazenadas para fins de auditoria e rastreabilidade. Ao transcrever as gravações, torna-se possível a rastreabilidade e a associação destes áudios entre si e com outros registros de diferentes sistemas operativos. Esse trabalho apresenta um assistente virtual para centros de operação da CPFL e da ENGIE, que visa auxiliar análises e a tomada de decisão, contribuindo para a segurança e confiabilidade operacional.

PALAVRAS-CHAVE

Pós-operação; NLP; Inteligência artificial; Voz para texto; GTD; gravações; correlação;

1.0 INTRODUÇÃO

A coordenação entre as atividades de operação do setor elétrico é realizada por um conjunto de ferramentas e tecnologias, dentre as quais, destaca-se a comunicação via áudio entre equipes de tempo real dos agentes, técnicos em campo ou operadores do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Essas chamadas são gravadas, armazenadas e consultadas, sob demanda, para fins de auditoria e rastreabilidade, e para subsidiar as análises pós-operatórias. Contudo, essas gravações, que contém informações relevantes tanto para a operação do sistema, quanto para o faturamento dos agentes, acabam sendo subutilizadas devido à dificuldade de acesso ao seu conteúdo. Assim, ao transcrevê-las, torna-se possível a rastreabilidade e a associação desses áudios entre si e com outros registros de diferentes sistemas operativos, viabilizando a otimização de atividades que requerem a realização de oitivas. Isto posto, o projeto aqui descrito visa à criação de um assistente virtual para centros de operação da CPFL e da ENGIE, que transcreva todas as comunicações via áudio destes centros e as correlacione com dados que diversos sistemas operativos, de forma a ajudar na tomada de decisão e na análise dessas informações de uma forma automatizada, contribuindo para maior eficiência, segurança e confiabilidade operacional.

Para a geração, as atividades diárias gerenciadas pelo ONS, compostas de comunicações com Centros de Operação do Sistema (COS) e unidades geradoras de energia, devem acontecer, como decretado em lei, por meio de chamadas telefônicas (1). Para a distribuidora, as comunicações entre os Centros de Operação e as equipes de campo ocorrem via mensagem de texto e por voz (ligações telefônicas e rádio), sendo que todos os registros relativos às perturbações (bem como os relatórios por eles subsidiados) devem ser armazenados por um período de, no mínimo, 5 anos (2).

Estas ligações incluem tratativas como: mudanças de estado de geradores, ajuste de tensão, modulação de geração, notificações de chuva e nível de reservatórios, manutenções programadas, perturbações na rede, manobras de chave, entre outros. Devido à dificuldade de processar áudios e transformar informações de linguagem natural em dados estruturados, essa massa de dados é armazenada e consultada apenas sob demanda, para elaboração dos relatórios de análise de operação (RAO) (3), relatórios de análise de ocorrências (RO) e relatórios de análise de perturbação (RAP) (4). Assim, quando uma análise é demandada, e.g., na eventual ocorrência de incidentes na operação do sistema ou de falhas de comunicação, os engenheiros devem ouvir um número elevado de gravações para determinar, com precisão, os problemas causas raízes, detalhar a perturbação e elaborar sua análise.

Por possuírem apenas uma breve descrição e o tempo aproximado da ocorrência, esses engenheiros acabam por ouvir muitas gravações não relevantes para o evento até localizar a comunicação desejada, especialmente tendo em vista a grande volumetria das chamadas de voz gravadas. À título de exemplo, a ENGIE possui um banco de dados de áudios com registros desde 2017, atualmente com aproximadamente 90 GB, distribuídos em mais de 550

mil arquivos MP3 e com duração acumulada de 364 dias. Estes números são incrementados a uma taxa média de 700 arquivos, totalizando 9 horas de gravações e 100 MB de armazenamento por dia. Para a CPFL, diariamente, são armazenados cerca de 15 mil áudios, que correspondem a mais de 800 horas e 1 GB de armazenamento.

Para responder a este desafio, o Reconhecimento Automático de Fala (ASR – *Automatic Speech Recognition*) foi utilizado como parte da solução descrita neste trabalho. A transcrição das chamadas de voz permite uma busca indexada através das gravações, diminuindo o trabalho necessário para auditorias. Semelhante aos serviços telefônicos necessários à operação do Setor Elétrico Brasileiro, estratégias similares vêm sendo aplicadas em call centers com diversas funcionalidades: análise do desempenho de operadores (5), redirecionamento de chamadas baseada no reconhecimento de emoções (6), assistentes virtuais em tempo real (7), extração de informação dos clientes (5) (8), entre outras aplicações.

A partir das transcrições, a ferramenta agrega valor às atividades de pós-operação pelo desenvolvimento dos módulos de rotulagem de chamadas, análise do desempenho de operadores, correlação de ligações com eventos dos sistemas supervisórios (SCADA), correlação de ligações entre si, módulo de mudança de turno e de mudança de estado e indicadores.

O projeto de que trata esse artigo é uma iniciativa cooperada entre CPFL e Engie, com financiamento do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL, de código PD-00063-3071/2020, desenvolvido pela Radix Engenharia & Software. Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2.0 apresenta a arquitetura geral da solução, a seção 3.0 introduz os módulos do sistema desenvolvido e a seção 4.0 apresenta as conclusões do informe.

2.0 ARQUITETURA GERAL DA SOLUÇÃO

A arquitetura conceitual da solução é apresentada nas imagens abaixo:

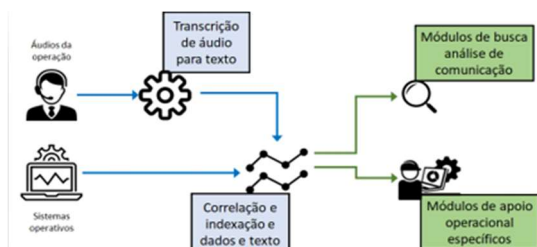


Figura 1 – Arquitetura Conceitual da Solução

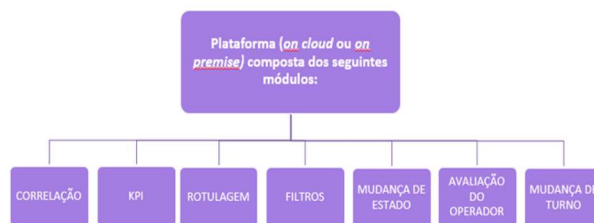


Figura 2 – Módulos Speech-to-text

O software tem por objetivo ser um assistente virtual para centros de operação. Deste modo, ele utiliza como insumos as gravações dos áudios da operação e informações advindas dos sistemas operativos, como o SCADA e os sistemas de mobilidade. Os áudios da operação são transcritos através de modelos *Speech-to-text*. No mercado existem várias empresas com soluções *on cloud* capazes de realizar a conversão de áudios em textos: para o assistente virtual da Engie explorou-se o modelo da *Amazon* (AWS) e para a CPFL, o modelo do *Google* (GCP). Após a transcrição, os textos são correlacionados às informações vindas dos sistemas operativos, e se desenvolvem filtros e indicadores de desempenho, de forma que a ferramenta permite busca eficiente e visualização de informações dos eventos da rede, advindas tanto das gravações, quanto dos sistemas operativos. Sob o ponto de vista de funcionalidades, o assistente virtual pode ser dividido nos módulos apresentados na Figura 2.

A seguir, são descritos os módulos (a serem tratados em maior detalhe na seção 3.0): (i) o módulo de filtros permite que sejam buscadas informações nas transcrições dos áudios; (ii) o módulo de correlação associa eventos do SCADA e do Sistema de Mobilidade (mensagens de texto) entre si e entre as gravações, gerando conjuntos conhecidos como histórias, que agrupam informações relacionadas entre si dentro de um mesmo contexto ou evento; (iii) o Módulo de Rotulagem classifica as transcrições, associando-as a tipos de eventos que ocorrem na rede; (iv) o Módulo de Avaliação do Operador permite ver a aderência da fala do operador aos padrões internos de comunicação da Engie e da CPFL; (v) o módulo de mudança de turno permite ter uma visão geral dos eventos ocorridos nos turnos, facilitando a troca de turno entre operadores; e (vi) o módulo de KPI compila indicadores relacionados ao sistema e à operação de forma geral.

Esse informe técnico dará foco a dois desses módulos: a correlação e o módulo de avaliação do operador. Eles serão apresentados na seção 3.0. Uma breve explicação sobre os outros modos também será apresentada na seção.

3.0 MÓDULOS DO SISTEMA

3.1 CORRELAÇÃO

Relacionar chamadas de áudio a eventos do sistema registrados pelo SCADA e pelo sistema de mobilidade é uma tarefa muito importante, uma vez que permite a realização de uma análise de causa (ligação) e ação (realização de manobras) e ter uma visão geral do sistema, apresentando informações de conteúdo relacionado no mesmo local.

Dessa forma, a correlação de informações é um dos principais módulos da ferramenta: é nele que as ligações são relacionadas a eventos que ocorrem na rede, a mensagens trocadas entre o CO e o campo e entre si.

Uma das correlações implementadas na ferramenta é a associação a eventos SCADA e mensagens de texto trocadas entre centros de operação e profissionais no campo. Um exemplo de correlação com eventos SCADA é exibido na Tabela 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 1 – Exemplo de Correlação com eventos SCADA realizado pelo Programa

Transcrição: CO, CPFL, Josué. Olá, tudo bem, Gustavo é que liga. Josué, em <u>Vila Nova</u> . Preciso do <u>TR1</u> ou <u>TR4</u> , por gentileza. Ligar e desligar e já te entrego.					
Data/hora	Mensagem	Equipamento	Subestação	Região	Tipo de Equipamento
01/12/2020 19:02	COPER - AUMENTAR. []	TR-01_TAP	SANTOS 6-VILA NOVA	CPFL Piratininga Baixada	Comutador
01/12/2020 19:01	COPER - BLOQUEAR. []	TR-04_TAP_REG	SANTOS 6-VILA NOVA	CPFL Piratininga Baixada	Controle de regulação
01/12/2020 19:01	CEXEC - BLOQUEADA []	TR-01_TAP_REG	SANTOS 6-VILA NOVA	CPFL Piratininga Baixada	Controle de regulação

No exemplo, a partir da identificação da subestação de dos equipamentos tratados na transcrição, foi possível a correlação da ligação com as ocorrências no Trafo 1 de Vila Nova. Um exemplo dessa correlação já na ferramenta é apresentado na Figura 3.

Detalhes		
11/08/2021 (6)	Time: 11/08/2021 05:38:34 DeviceName: 917516 FeederName: OC125 Message: COPER - Comando emitido DESLIGAR. []	SubstationName: PRAIA GRANDE 3-OCIAN
	Time: 11/08/2021 05:38:36 DeviceName: 917516 FeederName: OC125 Message: CEXEC - DESLIGADA []	SubstationName: PRAIA GRANDE 3-OCIAN
	Time: 11/08/2021 05:38:37 DeviceName: 917516 FeederName: OC125	SubstationName: PRAIA GRANDE 3-OCIAN

Figura 3 – Algoritmo de Correlação na Aplicação

Áudio 01	“[...] pode fazer anel na conta 428461 . Beleza então [...]”
Áudio 02	“[...] eu tô na 42 8461 , mas pediu para abrir ela aqui abrir a 428461 tem anel lá, né? Não eu puxei ele se ninguém pode abrir está em anel, né? Pode abrir a 4461 tem anel aí bloqueado alimentador, né? [...] tá joia 428461 aberto [...] agora é 340707, nós já mandei para você, beleza? [...]”

Tabela 2 – Exemplo de Correlação de História realizado pela Ferramenta

Para medir o sucesso do algoritmo, foram classificados manualmente 200 áudios entre ‘Correlacionáveis’ e ‘Não Correlacionáveis’. A partir desses *groundtruths*, foram geradas as métricas e implementadas as melhorias no algoritmo. A acurácia na identificação de um áudio correlacionável alcançou 82,5%, classificando corretamente 165 gravações. A evolução da métrica é exposta na Figura 4. Para associar os eventos SCADA a cada ligação, a exatidão foi de 73,04%.

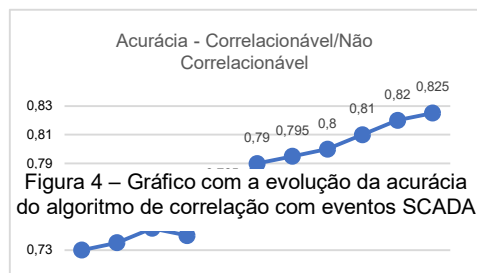


Figura 4 – Gráfico com a evolução da acurácia do algoritmo de correlação com eventos SCADA

Além da correlação exibida acima, também foi desenvolvido um algoritmo para correlação de histórias que associa ligações relacionadas entre si. Para essa correlação, foram desenvolvidas duas abordagens, uma para áudios de rádio, outra para ligações via ramal.

Um exemplo de ligações de ramal associadas em uma história pelo sistema está na Tabela 2. A partir da identificação de que ambas as ligações tratavam do mesmo equipamento, a associação foi considerada uma história. Com a correlação de histórias consegue-se criar sequências lógicas de transcrições e eventos, facilitando a análise de falhas de execução e requisição de serviços.

A abordagem para áudios de rádio foi diferente. A partir dos metadados das ligações, foi possível identificar quais gravações pertenciam a mesma conversação e associá-las a uma história. No exemplo da Figura 5, a comunicação entre a operadora Thais e a equipe com o rádio 3266 acontece no decorrer de 3 áudios.

Para avaliar o algoritmo, os áudios foram divididos em ‘Sem história’ e ‘Dentro de uma história’. Na classificação entre essas duas classes, foi alcançada uma exatidão de 86% em 150 gravações distribuídas igualmente entre as duas classes. Além da análise que determina se uma gravação pertence ou não a uma história, também foi analisada a acurácia das histórias que foram relacionadas pelo algoritmo. Para avaliar como ele forma tais agrupamentos de áudios, foram escutados um a um os grupos de gravações associadas. Se dentre 6 áudios em uma história, 5 estão

corretamente associados, atribuiu-se uma acurácia de 83,33%, por exemplo. Essa avaliação foi realizada para os 75 áudios classificados com histórias pelo algoritmo. A média das acurácias foi de 72,01%.

Data/Hora	Documento	Tipo de Áudio	Origem	Destino	Duração	Localização
18/08/2021 09:57:29	---	Rádio	Rádio 3258	CAM 1	00:00:23	CAMPINAS 7-TANQUINHO
18/08/2021 09:58:11	---	Rádio	Thais Cristina dos Santos Theozolim	CAM 1	00:00:00	---
18/08/2021 09:59:03	---	Rádio	Thais Cristina dos Santos Theozolim	CAM 1	00:00:07	BOTUCATU 2-AUXILIADORA

Figura 5 – Parte da ferramenta com a Correlação de Histórias

3.2 MÓDULO DE AVALIAÇÃO DO OPERADOR

A qualidade da comunicação dos operadores é um fator essencial para a operação do setor elétrico, uma vez que garante que as informações serão passadas de maneira adequada e que as manobras serão realizadas em acordo com o demandado. O ONS estabelece as regras, os procedimentos básicos e a fraseologia padrão obrigatória que se aplicam às equipes de tempo real dos Centros de Operação do ONS e centros de operação dos agentes, em toda e qualquer comunicação operativa de voz, visando a objetividade, clareza e eficácia das mensagens transmitidas. Os agentes são responsáveis por avaliar, periodicamente, se a qualidade de comunicação dos seus operadores está em conformidade com os critérios elencados no Manual de Procedimento da Operação (MPO) (11).

Para manter esse padrão, tanto a Engie quanto a CPFL fazem avaliações constantes da qualidade da comunicação de seus operadores. Essa avaliação é realizada pelo método da amostragem, em que algumas ligações são selecionadas para a avaliação de cada operador em quesitos definidos por documentos internos das companhias. O método de selecionar gravações, além de custoso, traz consigo o problema de incorporar um grande desvio padrão no resultado sujeito à amostragem realizada. Dessa forma, foi desenvolvido o módulo de avaliação do operador, que tem como objetivo fazer uma análise crítica de modo automático da atuação de cada operador do sistema com base em critérios pré-definidos que podem ser ou não atendidos pelo conteúdo das gravações. Essa análise é feita ligação a ligação e gera como resultado uma nota geral para cada operador. A Figura 6 apresenta o módulo na ferramenta.

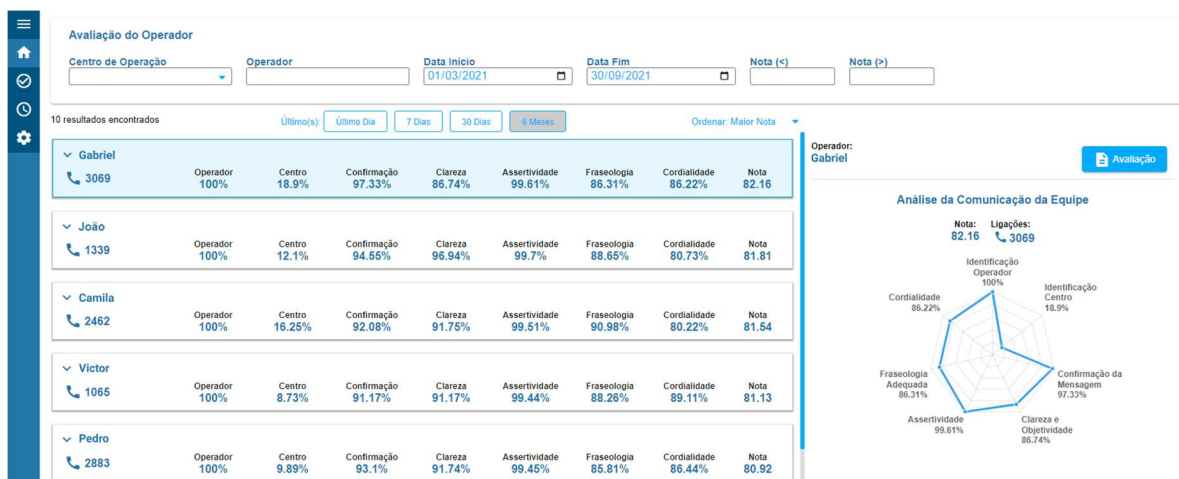


Figura 6 – Tela do Módulo de Avaliação do Operador

Os critérios estabelecidos para essa avaliação são os seguintes:

- Identificação do operador (operador se identificou no início da ligação);
- Identificação do centro (operador identificou corretamente de que centro está falando);
- Confirmação da comunicação (operador confirmou as medições, equipamentos ou mudanças tratadas na gravação);
- Clareza (operador comunicou com clareza e objetividade as informações que deveria passar);
- Assertividade (operador comunicou as informações de forma correta, sem necessidade de pausar a informação, se corrigir, etc.);
- Fraseologia (operador utilizou a fraseologia correta na ligação, sem neologismos, diminutivos, etc.);
- Cordialidade (operador utilizou linguagem educada, cumprimentos, agradecimentos, etc.);

A identificação de concordância ou não com os critérios é realizada a partir da aplicação de algoritmos de processamento de linguagem natural (NLP) e de estatística. Nas Figura 7 e Figura 8 são apresentados os algoritmos implementados para cada um dos critérios da avaliação do operador.

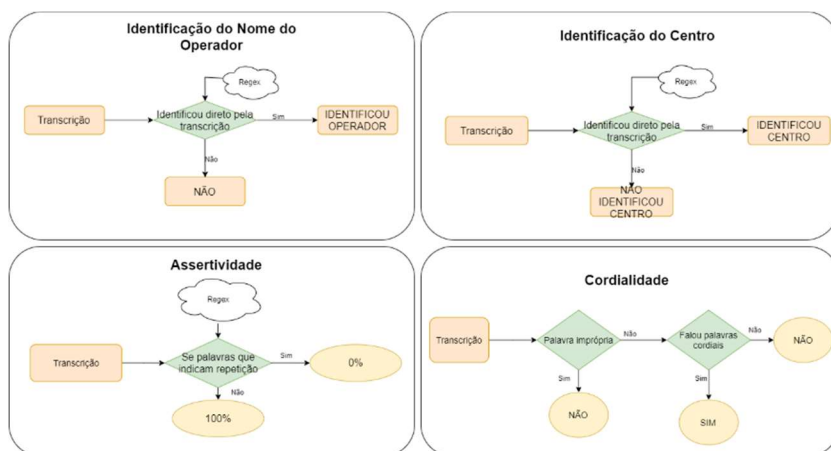


Figura 7 – Diagramas com os algoritmos utilizados para cada um dos critérios do Módulo de avaliação do Operador

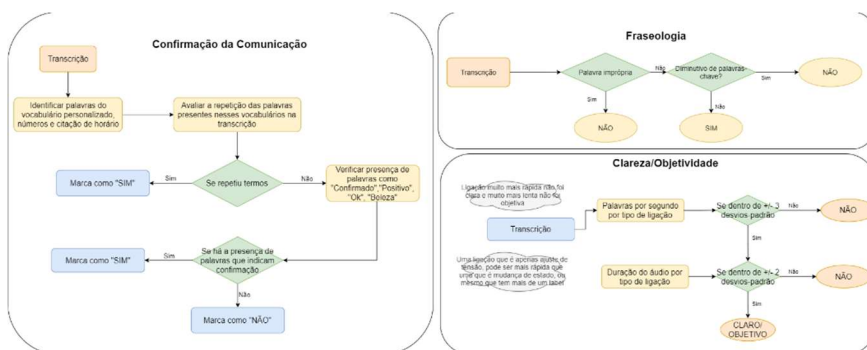


Figura 8 – Diagramas com algoritmos utilizados para os critérios, parte II

Para avaliar a performance dos critérios subjetivos, foram selecionadas aleatoriamente 100 ligações para cada critério e cada gravação foi rotulada manualmente para cada critério. Na Tabela 3, são exibidas as exatidões para cada um dos algoritmos apresentados. Conforme é possível perceber, o módulo faz a utilização de todas as gravações relacionadas ao operador, reduzindo assim o desvio padrão da análise manual baseada em amostragem. Além disso, ele ajuda na otimização do processo de avaliação, uma vez que este agora será realizado automaticamente. Caso o avaliador discorde das notas dadas pelo software, ele pode ainda corrigir as gravações consideradas por ele como avaliadas incorretamente pelo software.

Tabela 3 – Exatidão dos algoritmos para os critérios de avaliação do operador

Assertividade	Cordialidade	Fraseologia	Clareza/Objetividade
89%	74%	94%	96%

3.3 BUSCA DE CHAMADAS POR FILTROS ESTRUTURADOS

A busca indexada por palavras-chave tem implementação relativamente simples e um valor imediato. A possibilidade de consultar chamadas de áudio por termos relevantes tem potencial para aumentar significativamente a eficiência das equipes de pós-operação, que são responsáveis, entre outras atividades, por encontrar e enviar evidências, sempre que solicitados, e pela criação dos RO, RAO (3) e RAP (4).

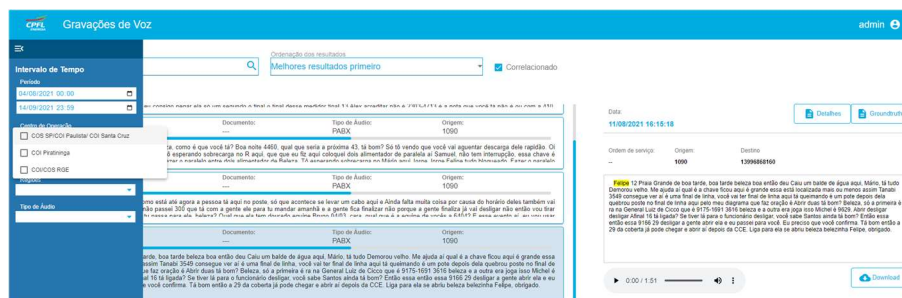


Figura 9 – Tela de Busca Indexada e Filtros da Ferramenta da CPFL

O valor é ainda maior se incrementarmos os filtros com metadados dos arquivos de áudios, como data e duração das chamadas e ramais de origem e de destino. A Figura 9 apresenta o sistema da CPFL, com alguns dos filtros possíveis. Além dos filtros definidos, também é possível pesquisar ligações através de um campo livre de texto. Em termos de implementação, a busca por filtros utiliza o banco de dados Elasticsearch, desenvolvido para armazenamento e busca de dados textuais (9), o que possibilita rápido processamento.

3.4 ROTULAGEM

Encontrar ligações que são relacionadas a determinados tipos de eventos é um trabalho difícil, uma vez que faz necessária a leitura das transcrições e a busca por palavras chaves relacionadas ao tipo de evento. Devido a isso foi criado um módulo capaz de classificar as transcrições em tipos de eventos. Esses tipos de eventos representam o dia a dia dos centros de operação. De tal modo, o módulo da rotulagem consiste na classificação das ligações em grupos por meio de modelos de inteligência artificial. Esses modelos de inteligência artificial (*RF - Random Forest*) são colocados em corrente, de modo a transmitir a informação de um modelo para outro, fazendo com que a relação dos rótulos seja capturada e interfira nos resultados. Para a ENGIE, no contexto de geração, as ligações foram classificadas em seis categorias: (1) Modulação de Geração; (2) Mudança de Estado; (3) Ajuste de Tensão; (4) Nível de Reservatório; (5) Chuva; e (6) O&M.

Por se tratar de um problema em que mais de um rótulo pode ser atribuído a um mesmo áudio, para o treinamento do modelo, foi utilizada uma técnica chamada *ChainClassifier*. Ela treina um modelo para cada rótulo e se aproveita do resultado de um modelo para treinar o próximo. A acurácia do modelo para cada módulo foi: Modulação de Geração (92,3%), Mudança de Estado (90,4%), Chuva (99,8%), Nível de Reservatório (99,1%), Ajuste de Tensão (98,5%), O&M (88,4%).

Na plataforma, o usuário também é capaz de corrigir uma classificação incorreta do algoritmo, criar e rotular novas classes. Dada essa possibilidade, a plataforma também conta com o retreinamento do modelo de aprendizado nesse módulo. O algoritmo de retreinamento serve para permitir a inserção de aprendizado nos modelos, na ocorrência de novas rotulagens manuais. Além disso, ele permite corrigir a degradação do modelo devido a mudanças no padrão de comunicação e nas descrições dos eventos. Para realizar o retreinamento automático, é utilizada uma regra baseada em número de novas rotulagens. Quando determinado número de novas rotulagens é atingido, o modelo é retreinado. Durante o retreinamento, o modelo passa por um processo de otimização de parâmetros, de forma a garantir o melhor desempenho na validação cruzada. Após o retreinamento, o desempenho do modelo atual é comparado ao desempenho do modelo antigo. Caso o desempenho do modelo atual seja melhor, ele substitui o modelo antigo que é então armazenado no banco de dados. Caso o desempenho seja pior, o modelo anterior é mantido e o modelo recém treinado é armazenado no banco de dados.

3.5 MUDANÇA DE TURNO

Os centros de operação dos agentes devem dispor de equipes de operação em turnos ininterruptos (10). A operação diária dos Centros de Operação do Sistema Elétrico geralmente é composta por três turnos de 8 horas. Em cada alternância dos operadores acontece a passagem de turno, em que os profissionais que estejam sendo rendidos contextualizem seus substitutos e lhes passem quaisquer informações pertinentes para a operação dos ativos.

O módulo da mudança de turno oferece uma visão geral dos eventos ocorridos em um turno. O objetivo desse módulo é auxiliar a troca de informações entre os operadores de tempo real durante a troca de turno. O módulo desenvolvido é exibido na Figura 10.

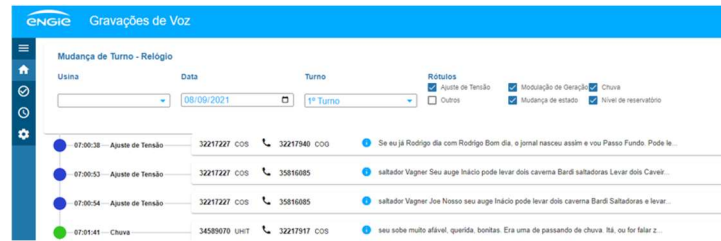


Figura 10 – Tela do Módulo de Mudança de Turno

Explorando esse módulo o operador tem a possibilidade de observar de forma geral a operação do turno anterior, podendo filtrar os acontecimentos via rótulos ou usina. Adicionalmente, existe a possibilidade de detalhar o conteúdo de uma ligação ao clicar sobre ela.

3.6 MUDANÇA DE ESTADO

Um gerador elétrico conectado no Sistema Interligado Nacional (SIN) pode transitar entre vários estados operativos. Alguns mais comuns e autoexplicativos são: ligado como gerador (LIG); ligado como compensador síncrono, por solicitação do ONS, para controle de tensão (LCS); ligado como compensador síncrono, por solicitação do agente (LCC); desligado automaticamente por atuação de sistema de proteção ou de controle (DAU); desligado por conveniência operativa do ONS ou por insuficiência de queda útil ou afluência para usinas hidrelétricas (DCO); entre dezenas de outras opções. Estes eventos de mudanças de estado operativo devem ser registrados na base de dados do ONS, por meio do Sistema de apuração das mudanças de estados operativos de unidades geradoras (SAMUG) (12).

É responsabilidade do ONS disponibilizar aos agentes de geração, entre outras informações, os dados de mudanças dos estados operativos e disponibilidade de usinas despachadas centralizadamente. Os agentes de geração consistem, sob sua responsabilidade os dados disponibilizados e, por fim, o ONS disponibiliza à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) os resultados da apuração dos estados operativos, que serão utilizados para fins de contabilização (13). Quando são encontradas discrepâncias nas apurações do ONS e dos agentes, são consultadas as gravações de áudios dos centros de controle, a fim de confirmar a existência e horários das mudanças dos estados operativos.

O módulo de mudança de estado realiza a associação de ligações a mudanças de estados catalogadas nos sistemas Sistema de Acompanhamento de Usinas (SAU) e SAMUG. A tela desenvolvida para o módulo está apresentada na Figura 11.

Por meio desse módulo, o setor responsável pelo acompanhamento da mudança de estado das unidades geradoras tem a possibilidade de agregar maior eficiência no processo. Via correlação, o sistema identifica e atribui a ligação relacionada à mudança de estado, dessa forma o usuário é capaz de apurar as mudanças de forma eficaz, dispensando a etapa de busca do áudio e otimizando o tempo gasto nessa atividade.

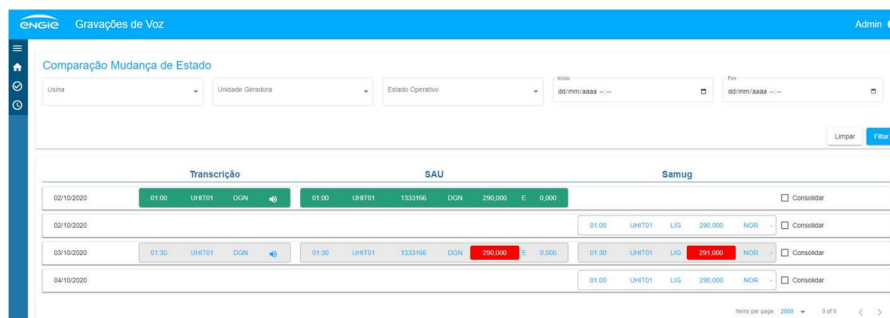


Figura 11 - Tela do Módulo de Mudança de Estado

3.7 INDICADORES

Esse módulo apresenta estatísticas e indicadores que podem ser criados ao tratar as transcrições como dados relacionais. É possível encontrar relações não óbvias, cruzando as informações estatísticas das chamadas com outros dados, como escala dos operadores, documentação emitida e dados do sistema supervisorio. Questões como sazonalidade das chamadas, quantidade de ligações por tipo, recorrência de comandos, e tipos de solicitações podem ser insumos eficientes para o atendimento regulatório de dimensionamento das equipes dos centros de controle (14).

Para trazer este valor ao assistente, foram desenvolvidos diversos gráficos em *Power BI* que apresentam indicadores de desempenho relacionados à ferramenta e à operação, conforme pode ser visto no exemplo

apresentado na Figura 12. Os indicadores desenvolvidos são essenciais para a avaliação geral do assistente virtual e da operação.



Figura 12 – Página Dashboard Speech to Text

4.0 CONCLUSÃO

O P&D ANEEL PD-00063-3071/2020, idealizado em conjunto pela CPFL e Engie, e desenvolvido pela Radix, foi construído de modo a gerar um Assistente Virtual para Centros de Operação. Esse assistente virtual foi implementado em um software experimental, contendo algoritmos de inteligência artificial, processamento de linguagem natural e sistemas especialistas que auxiliam nos principais pontos da análise das gravações de áudio geradas na operação do sistema, atrelados aos eventos e dados registrados pelos sistemas operativos, como o SCADA, SAU e o Sistema de Mobilidade. Para isso, diversos módulos foram desenvolvidos, auxiliando a tomada de decisão por parte dos operadores e atividades de suporte à operação. A análise das gravações de áudio em forma escrita possibilitou a utilização de filtros estruturados para buscar gravações que contenham palavras ou siglas, permitindo a redução do tempo gasto pelos responsáveis na análise das gravações e, por conseguinte, maior eficiência operacional. Dessa forma, a ferramenta tem grande potencial para otimizar as atividades e viabilizar análises quantitativas e qualitativas a respeito da operação e das ações tomadas pelos operadores.

Os autores gostariam de agradecer aos grupos CPFL e Engie pelo apoio técnico e financeiro, através do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento PD-00063-3071/2020 com recursos do programa de P&D da ANEEL.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ONS. Submódulo 2.16: Requisitos operacionais para centros de operação e instalações da Rede de Operação, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3fij1fo>>.
- 2 ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 4: Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição, 2010.
- 3 ONS. Procedimentos de Rede - Submódulo 6.2: Análise da operação, ocorrências e perturbações e acompanhamento das providências. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico**, 2020. Disponível em: <http://apps08.ons.org.br/ONS.Sintegre.Proxy/ecmprsite/ecmfragmentsdocuments/Subm%C3%B3dulo%206.2-OP_2020.12.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- 4 ONS. Procedimentos de Rede - Submódulo 6.3: Elaboração do Relatório de Análise de Perturbação. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico**, 2020. Disponível em: <http://apps08.ons.org.br/ONS.Sintegre.Proxy/ecmprsite/ecmfragmentsdocuments/Subm%C3%B3dulo%206.3-RS_2020.12.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- 5 MEHTA, S. et al. BirdEview: Advance version of call monitoring system by using mining techniques. **2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)**, 2020. 561-566.
- 6 BOJANIĆ, ; DELIĆ, V.; KARPOV, A. Call Redistribution for a Call Center Based on Speech Emotion Recognition. **Applied Sciences**, 2020. 4653.
- 7 VASILATEANU, A.; ENE, R. Call-Center Virtual Assistant Using Natural Language Processing and Speech Recognition. **Journal of ICT, Design, Engineering and Technological Science**, dez. 2018. 40-46.
- 8 HIRONORI, T.; TETSUYA, N.; WATANABE, H. Mining of Business-Oriented Conversations at a Call Center. **Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence**, 2008. 384-391.
- 9 ELASTIC STACK. Elasticsearch. **Elasticsearch**, 16 set. 2012. Disponível em: <<https://www.elastic.co/products/elasticsearch>>.
- 10 ONS. Procedimentos de Rede - Submódulo 2.16: Requisitos operacionais para os centros de operação e instalações da Rede de Operação, 2020. Acesso em: 23 mar. 2021.
- 11 ONS. Manual de Procedimentos da Operação - Submódulo 5.13 - RO-RO.BR.01: Comunicação Verbal na Operação. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico**, 2020. Disponível em: <http://www.ons.org.br/%2FMPO%2FDocumento%20Normativo%2F4.%20Rotinas%20Operacionais%20-%20SM%205.13%2F4.1.%20Rotinas%20Gerais%2F4.1.7.%20Relacionamento%20Operacional%2FRO-RO.BR.01_Rev.12.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- 12 ONS. Manual de Procedimentos da Operação - Submódulo 5.13 - RO-AO.BR.04: Apuração das Mudanças de Estados Operativos de Unidades Geradoras e Interligações Internacionais. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico**, 2020. Disponível em: <http://www.ons.org.br/%2FMPO%2FDocumento%20Normativo%2F4.%20Rotinas%20Operacionais%20-%20SM%205.13%2F4.1.%20Rotinas%20Gerais%2F4.1.7.%20Relacionamento%20Operacional%2FRO-AO.BR.04_Rev.12.pdf>.

%20SM%205.13%2F4.3.%20Rotinas%20P%C3%B3s-Opera%C3%A7%C3%A3o%2F4.3.2.%20Apura%C3%A7%C3%A3o%20de%20Dados%2FRO-AO.BR.04_Rev.29.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021.

13 ONS. Procedimentos de Rede - Submódulo 6.5: Apuração da geração e de indisponibilidade de empreendimentos de geração. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico**, 2020. Disponível em: <http://apps08.ons.org.br/ONS.Sintegre.Proxy/ecmprsite/ecmfragmentsdocuments/Subm%C3%B3dulo%206.5-PR_2020.12.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021.

14 ONS. Procedimentos de Rede - Submódulo 2.16: Requisitos operacionais para os centros de operação e instalações da Rede de Operação. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico**, 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2010%2FSubm%C3%B3dulo%2010.14%2FSubm%C3%B3dulo%2010.14%20-%202019.12.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

15 ISAACS, D. A Comparison of the Network Speech Recognition and Distributed Speech Recognition Systems and their effect on Speech Enabling Mobile Devices. **University of Cape Town**, 2010.

16 KEPUSKA, V. Wake-up-Word Speech Recognition. In: IPSIC, I. **Speech Technologies**. [S.l.]: IntechOpen, 2011. Cap. 12, p. 237-248.

DADOS BIOGRÁFICOS



Gabriel de Souza Pereira Gomes. Possui graduação com honra ao mérito em Engenharia Eletrônica pela UNIFEI e mestrado em Engenharia Elétrica pela mesma universidade, com ênfase em instrumentação e processamento de sinais. Doutorando em Sistemas Inteligentes na USP-EESC, com foco em diagnóstico de defeitos em turbinas eólicas. Está como Líder Técnico em Ciência de dados na Radix. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, especialmente ciência de dados e inteligência artificial, instrumentação, aquisição e processamento de sinais e diagnósticos de máquinas elétricas e coordenação de isolamento. Trabalha em simulações (ATP/Simulink) e modelamento matemático/físico de sistemas de potência, como transformadores, buchas-HV, isoladores e para-raios.

(2) CAMILA BARBOSA GOMES DE ARAÚJO

Engenheira Mecatrônica, 24 anos, potiguar. Atua na Radix Engenharia como Engenheira de P&D na área de Energia, Óleo e Gás e é mestrandia em Engenharia Mecatrônica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Têm pesquisas na área de Sistemas Embarcados, machine learning e processamento digital de imagens.

(3) JOÃO GABRIEL MELLO GONÇALVES

Engenheiro de Controle e Automação, 29 anos. Atua na Radix Engenharia como Engenheiro de Dados em P&D na área de Óleo, Gás e Energia. Têm pesquisas na área de Processamento de Sinais e sistemas WEB.

(4) VICTOR MARINHO FURTADO

Graduado em Ciência da Computação pela UFRJ, mestre e doutorando em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Atua na Radix Engenharia como cientista de dados na área de Energia, Óleo e Gás. Interessa-se por Aprendizado de Máquina, Visão Computacional, Processamento de Linguagem Natural.

(5) ADRISSON CONSONI FLORIANO

Engenheiro eletricitista graduado pela UFSC, mestre em Sistemas de Energia pelo IFSC e cursando MBA em Data Science e Analytics na USP. Atua desde 2009 com aplicações de tecnologia e desenvolvimento de produtos para o setor elétrico. Aficionado por tecnologia, tem especial interesse em IoT, Indústria 4.0 e inteligência artificial. Entusiasta de soluções criativas, desenvolvimento de software e metodologia ágil, é CSPO desde 2014. Com profundo conhecimento da legislação vigente e após acumular experiência com geradores, distribuidoras, órgãos reguladores e fornecedores do setor, tem contribuído para revisões normativas e com a evolução do setor.

(6) JULIA BEATRIZ RAMOS DA CONCEICAO

Engenheira eletricitista graduada pela Universidade de Brasília em 2015, ênfase em sistemas de potência. Conta com experiência internacional, tendo participado do programa BRAFITEC – FORSYSCO II (2012-2013), na instituição Télécom Physique Strasbourg. Atuou na empresa Themag Engenharia nos projetos de SINOP e JIRAU, e no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos no projeto de "Prospecção tecnológica no setor elétrico brasileiro". Atualmente, atua como analista de inovação pelo grupo CPFL Energia, gerenciando projetos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL.

(7) REGINALDO DE OLIVEIRA JUNIOR

Engenheiro Eletricitista, técnico em eletrônica, 41 anos, catarinense. Atua na ENGIE Brasil Energia como Engenheiro de Pós-Operação. Cursa MBA Executivo em Administração: Negócios do Setor Elétrico na FGV e MBA em Data Science e Analytics na USP Esalq. Tem participado de projetos que buscam desenvolver ferramentas que melhorem a performance das equipes de Operação, através de machine learning, inteligência artificial e big data.

(8) PAULA MITIKO SHODA

Paula Mitiko Shoda, engenheira eletricitista. Atuação como Engenheira de Planejamento da Transmissão no planejamento da operação em estudos pré e pós operativos do Sistema Elétrico da CPFL e conexões com o Sistema Interligado Brasileiro.

(9) FELIPE NASCIMENTO SILVA PENA

Felipe Pena, 33 anos. Desenvolvedor com experiência em integrações de sistemas com Cloud. Atua na Radix desde 2017 desenvolvendo sistemas envolvendo diversas tecnologias.

(10) RANIELLY COELHO REIS

Engenheiro Químico, 32 anos, natural do Rio de Janeiro. Atua na Radix Engenharia como Gerente de Projetos na área de Óleo, Gás e Energia. É especialista em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas e está cursando MBA em Gestão Empresarial na mesma instituição.

(11) MATHEUS NASCIMENTO SOARES MARQUES DE LIMA

Formação Técnica em Programação de Jogos Digitais (2014 – 2015), pelo Grupo Educacional Opet. Estudante de Engenharia Elétrica (2016-2021), no Instituto de Federal de Santa Catarina (IFSC). Pesquisador do Grupo em Estudos de Sistemas de Energia (GESE) (2016-atual) e estagiou no setor de pós-operação no Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (2019-2020). Formado em Desenvolvimento Mobile Android (2020 - 2021) pela Digital House. Atualmente atua como Assistente de Projetos P&D na ENGIE Brasil (2021-atual).

(12) RODRIGO RAMOS DO AMARAL

Rodrigo Amaral Com mais de 20 anos de experiência na área de Tecnologia da Informação, Digital Transformation e Data & Analytics com formação em Bacharel de Tecnologia pela faculdade UNITAU, Pós-graduado Latu Sensu Executivo/Administração pela FGV e Pós-Graduado Latu Sensu MBA Liderança, Inovação e Gestão 4.0 pela PUCRS. Diversos cursos de especialização em Data Analytics e Big Data, atuando em Tecnologia e Eficiência Operação em diversas empresas multinacionais Ametek do Brasil, Grupo Brasfanta, Johnson & Johnson, Avibras Ind. Aeroespacial e nos últimos 12 anos no Grupo CPFL Energia como Gerente de Projetos, Líder de Otimização e Eficiência de Operação Sr.

(13) LUCIANA MACEDO DE OLIVEIRA

Engenheira Eletricista pela Universidade de São Paulo (2012), com especialização em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência e MBA em Gestão de Projetos. Aluna de Mestrado pela UNICAMP, em pesquisa dedicada à análise econômica e regulatória de soluções de armazenamento de energia no contexto da transição energética mundial. Profissional atuante no setor elétrico desde 2012, nas áreas de engenharia e operação do Grupo CPFL Energia e, mais recentemente, na área de apuração de transmissão do ONS.